



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Diversidad vegetal y animal de los pedregales  
remanentes de la Zona de Institutos de  
Investigaciones en Humanidades de Ciudad  
Universitaria, Ciudad de México, México.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**IVONNE FLORES MORALES**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. ZENÓN CANO SANTANA**

**Ciudad Universitaria, CD. MX.**

**2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Zenón Cano Santana por su apoyo en todo momento, por motivarme a continuar, a pesar de las circunstancias, por ser tan comprensivo, por compartirme todo su conocimiento y, por supuesto, por ser un gran amigo.

Al M. en C. Iván Castellanos Vargas, por su ayuda técnica recibida durante la elaboración de esta tesis profesional.

A Luis Enrique Juárez Sotelo, Manuel Bonilla Rodríguez, Yury Glebskiy, Andrea Trejo Mellado, Jesús Morelos Rebollar, Miguel Hernández Palacios, Alejandra Argüelles Castañeda, Ariel Elimelec Quintero-Ortiz, Fernanda Jacqueline Jasso Cerón, Mariana Figueroa Aquino y María Guadalupe Guadarrama Huerta por su apoyo en campo.

A Marco Antonio Romero Romero y Sara Geraldine Ortiz Cruz, por su ayuda en la revisión de esta tesis profesional.

A mis amigos: Nancy Bravo, Antonio Casanova, Mariana Guzman, Karen Miranda, Katya Rosas, Verónica de la Rosa, Lucía Loaiza y Dulce Karen Juárez. Gracias por su linda compañía y sus consejos.

A mi amiga querida Yaeli. Gracias por escucharme y brindarme siempre las palabras adecuadas para hacerme sentir mejor en momentos difíciles.

A toda mi familia, pero en especial a mi madre y a mi padre por confiar en mí; por ser cómplices de mis locuras de seguir estudiando lo que me apasiona. Por no presionarme a pesar de las dificultades. En verdad son un equipo increíble. Mis hermanos y yo estamos superorgullosos por cómo nos educaron y por todos los logros que alcanzamos. Absolutamente todo ha sido y será gracias a ustedes. Los amo.

A mis hermanos Paulina, Mariana y a mi cuatito Héctor por ser como son. Por apoyarme y nunca juzgarme. A mis sobrinas Regina, Renata y Samara, a las que amo y espero ser un gran ejemplo.

A mis mascotas Romina, Bichito y Maca por alegrarme todos los días.

Por último, a mi abuelo Chucho que tanto lo extraño y a quien dedico esta tesis.

Esta investigación fue realizada gracias a una beca otorgada por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT; DGAPA-UNAM) a través del proyecto IN212121 "El efecto de la urbanización sobre el tlacuache *Didelphis virginiana* en un matorral xerófilo de la Ciudad de México" otorgado a Zenón Cano Santana.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	6
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
1.1. Biología de la conservación.....	8
1.2. Biodiversidad y su influencia en la función del ecosistema.....	10
1.3. Biodiversidad y servicios ecosistémicos.....	11
1.4. El ecosistema del Pedregal de San Ángel: biodiversidad y conservación .....	13
1.5. Justificación.....	15
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	17
<b>III. SITIO DE ESTUDIO</b> .....	18
3.1. Localización .....	18
3.2. Selección de sitios .....	18
3.3. Rasgos climáticos y bióticos.....	18
<b>IV. MÉTODOS</b> .....	20
4.1. Plantas vasculares .....	20
4.2. Invertebrados.....	20
4.3. Vertebrados .....	21
4.4. Análisis de datos .....	23
<b>V. RESULTADOS</b> .....	25
5.1. Plantas vasculares .....	25
5.2. Invertebrados epífitos .....	26
5.3. Otros invertebrados.....	30
5.4. Reptiles.....	32
5.5. Aves .....	35
5.6. Mamíferos .....	37
5.7. Número total de especies.....	41
<b>VI. DISCUSIÓN</b> .....	42
6.1. La comunidad de plantas vasculares.....	42
6.2. La comunidad de invertebrados.....	45
6.3. La comunidad de reptiles .....	47
6.4. La comunidad de aves .....	48
6.5. La comunidad de mamíferos .....	50

6.6. El efecto de la baja actividad humana por Covid-19 .....	52
6.7. El valor ambiental de los pedregales remanentes de la ZIIH .....	54
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	58
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	61
<b>APÉNDICES</b> .....	73

Flores-Morales, I. 2023. Diversidad vegetal y animal de los pedregales remanentes de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades de Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México. Tesis de licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 93 p.

## RESUMEN

Los pedregales remanentes (PR) de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) de la Ciudad Universitaria en la Ciudad de México preservan relictos de matorral xerófilo del Pedregal de San Ángel, un tipo de vegetación único con una compleja y muy diversa comunidad que alberga numerosas especies. En este trabajo se evaluó la diversidad de plantas vasculares y animales (invertebrados, reptiles, aves y mamíferos) en los 18 PR de la ZIIH. Para ello, se ocuparon diversos métodos con el fin de registrar cada grupo entre abril de 2019 (prepandemia por Covid-19) y julio de 2021 (pandemia por Covid-19). Se registraron 203 especies de plantas que corresponden al 54% del total de la riqueza presente en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), de las cuales 146 son especies nativas y 57 son exóticas. Por otra parte, se encontraron 484 morfoespecies de invertebrados. Hemiptera fue el orden con mayor abundancia relativa. Entre septiembre-octubre del 2020 se registraron mayores valores de riqueza, densidad de especies e índice de Shannon-Wiener en comparación con el mes de abril de 2019. Además, se observaron tres especies de reptiles. Cuarenta y ocho individuos de *Sceloporus torquatus*, siete de *S. grammicus* (lagartija sujeta a protección especial) y una serpiente de la especie *Crotalus molossus*. También se registraron 41 especies de aves, que corresponden al 27.7% del total hasta ahora registrado en la REPSA, aunque la zona tiene el potencial de registrar actividad de 67-78 especies. Finalmente, se observaron cinco especies de mamíferos nativos (*Didelphis virginiana*, *Bassariscus astutus*, *Peromyscus gratus*, *P. melanophrys* y *Otospermophilus variegatus*) y dos exóticos (*Felis catus* y *Sciurus aureogaster*). La riqueza total de los remanentes del

pedregal de la ZIIH es de 738 especies (203 plantas vasculares, 484 invertebrados, tres reptiles, 41 aves y siete mamíferos). La alta riqueza del sitio se debe a su alta conectividad, la baja perturbación de sus PR y la alta heterogeneidad del sustrato. Por lo tanto, es de gran importancia la conservación y preservación de pequeños relictos de ecosistemas naturales como lo son los remanentes del pedregal de la ZIIH de la UNAM, ya que funciona como corredor biológico para todo tipo de organismos y también tiene un gran valor por los servicios ambientales que prestan a las personas que laboran dentro de la Ciudad Universitaria y todos los habitantes de la Ciudad de México.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Biología de la conservación

Se reconoce que las causas del deterioro ambiental provienen exclusivamente de eventos naturales o de influencia humana (Landa *et al.*, 1997), pero en el siglo xx se pensaba que las consecuencias de estos acontecimientos solo eran de carácter local (Rivas *et al.*, 2006). Investigaciones de los últimos años han generado un cambio de visión al respecto y se ha planteado que la actividad del ser humano sobre los procesos geológicos y ecológicos de la tierra han pasado a ser de carácter global y de una gran magnitud (Crutzen, 2002). Desde que Paul J. Crutzen y Eugene F. Stoermer propusieron un nuevo tiempo geológico: el Antropoceno (Trischler, 2017), la discusión acerca del papel del ser humano en el deterioro ambiental se ha expandido más allá del ámbito de las ciencias geológicas y biológicas (Autin y Holbrook, 2012). Para ellos, no había duda de que el inicio del Antropoceno surgió durante la revolución industrial del siglo xviii en la Gran Bretaña (Trischler, 2017), y que tuvo como consecuencias el rápido crecimiento económico, la industrialización, la urbanización y profundos problemas ecológicos y ambientales (Zhang y Xu, 2017). Estos problemas que los seres humanos han provocado en la naturaleza han aumentado en los últimos 500 años e incluso la pérdida de especies y poblaciones silvestres ya es comparable con las cinco extinciones masivas anteriores de la historia de la tierra (Dirzo *et al.*, 2014). La pérdida de especies silvestres es lo que se conoce actualmente como “defaunación” y se entiende del mismo modo que el término “deforestación” (Dirzo *et al.*, 2014).

La necesidad de preservar la diversidad biológica, así como la de los ecosistemas en general, se reconoce desde hace décadas e incluso siglos, muchas culturas europeas, americanas y de otras regiones sabían del valor de la protección de las especies y la naturaleza (Callicott, 1994). En los últimos años ha sido fundamental la creación y conceptualización de disciplinas integradoras que abarquen temas económico-sociales, ecológicos y éticos (Primack y Ros,

2002). El ecologista Aldo Leopold argumentó por primera vez en 1935 que “la fusión de aquéllos que estudian las comunidades humanas, vegetales y animales tal vez será uno de los más grandes avances de los últimos años” (Kwiatkowska, 2012). La biología de la conservación posiblemente sea la disciplina adecuada para integrar estos temas, ya que, a diferencia de otras, cuenta con un marco teórico muy completo, pues no solo tiene como objetivo principal la conservación de la biodiversidad (Naiman *et al.*, 2005), sino que es una ciencia multidisciplinaria que integra ideas y experiencias de las ciencias sociales (Primack, 1998), por lo cual tiene el alcance necesario para afrontar las amenazas que existen sobre la diversidad biológica (Primack y Ros, 2002). Por ejemplo, Primack y Ros (2002) discuten este enfoque de la siguiente manera. El derecho y la política ambiental dan las bases normativas para la protección gubernamental de especies en peligro de extinción y de hábitats amenazados, en tanto que la ética ambiental ofrece la reflexión filosófica para la preservación de especies y hábitats. Por otra parte, las ciencias sociales, como la antropología, la sociología y la geografía proveen las bases necesarias para que la sociedad participe en la protección de las especies y de los recursos naturales. La economía ambiental, por su lado, aporta los análisis acerca del valor económico de la diversidad biológica, lo que es muy importante para la conservación dentro de un sistema económico. Finalmente, los ecólogos y los climatólogos analizan las características biológicas y físicas del medio a fin de desarrollar modelos para la predicción de respuestas ambientales al deterioro ambiental. De acuerdo con Primack y Ros (2002), los objetivos principales de la biología de la conservación son: (1) la investigación y descripción de la diversidad del mundo vivo; (2) el entendimiento de los efectos de las actividades humanas sobre las especies, comunidades y ecosistemas; y (3) el desarrollo de métodos interdisciplinarios prácticos encaminados a la protección y recuperación de la diversidad biológica.

Tomando en consideración la magnitud del impacto que la humanidad está provocando sobre el Sistema Tierra, la comprensión, educación y formación

en biología de la conservación debe considerarse como uno de los pilares del civismo y buena ciudadanía en cualquier país (Orr, 1999).

## **1.2. Biodiversidad y su influencia en la función del ecosistema**

Walter G. Rosen investigador del National Research Council de los Estados Unidos fue el primero en utilizar el término “biodiversidad” y lo acuñó durante la primera reunión para planear la conferencia del Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica celebrada en Washington, Estados Unidos en 1986 (Martínez-Meyer *et al.*, 2014). Su concepto se refiere a la amplia variedad de seres vivos que habitan la Tierra y los patrones naturales que la conforman (INEEC, 2019). El concepto de Rosen fue un parteaguas para la publicación de muchísimas más definiciones, todas distintas, que al comienzo solo abarcaron cuestiones netamente científicas y que en los últimos años han incluido temas sociopolíticos (Núñez *et al.*, 2003). Una de las concepciones mejor aceptada en la actualidad es que el concepto de biodiversidad comprende la variedad de ecosistemas, la variedad de especies y las diferencias genéticas entre individuos de cada especie (Wilson, 1988).

Existen claras evidencias de que los cambios en la biodiversidad están repercutiendo directa o indirectamente sobre el bienestar humano, ya que comprometen el funcionamiento mismo de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios esenciales para la sociedad (Díaz *et al.*, 2006). La biodiversidad controla diversos e importantes procesos ecosistémicos, como la productividad de plantas, la fertilidad del suelo, la calidad del agua y la química atmosférica, entre otros (Kang *et al.*, 2019). Las modificaciones humanas a las comunidades vivientes dentro de un ecosistema pueden entonces alterar las funciones ecológicas y los servicios que sustentan la vida, los cuales son vitales para el bienestar de la sociedad (Naeem *et al.*, 1999).

Los procesos ecológicos que operan en un ecosistema son, en gran medida, consecuencia de los organismos que lo habitan (Savard *et al.*, 2000). Sin embargo, muchos de los procesos que regulan el funcionamiento de los ecosistemas son difícilmente asignables a una especie particular, y a menudo no es posible determinar la contribución relativa de cada especie a un proceso en específico (Hooper *et al.*, 2005). Durante décadas la aproximación más común ha sido relacionar el funcionamiento de los ecosistemas con la riqueza de especies, que es el componente de la biodiversidad más fácil de medir (Naeem *et al.*, 1999). No obstante, esta aproximación ha resultado insuficiente y, hoy en día, la atención se vuelca hacia un enfoque más funcional, que trata de establecer relaciones causales entre las características de los organismos presentes y los procesos y servicios de los ecosistemas (Hooper *et al.*, 2005). En ese sentido, las relaciones entre funcionamiento ecológico y biodiversidad han sido planteadas desde distintas aproximaciones, si bien todas ellas coinciden en estudiar el papel funcional de los organismos en un ecosistema. En algunos casos, la atención ha recaído directamente sobre especies individuales — especies clave o ingenieros ecosistémicos—, o bien, sobre grupos funcionales (Naeem *et al.*, 1999).

### **1.3. Biodiversidad y servicios ecosistémicos**

Los servicios ecosistémicos son todos aquellos beneficios, tanto tangibles como intangibles que la población humana obtiene de los ecosistemas naturales o transformados (MEA, 2003). Estos servicios y los sistemas que los suministran están tan interconectados que cualquier clasificación de ellos, aunque necesaria puede parecer arbitraria (Daily *et al.*, 1997). De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) se dividen en:

1. Servicios de regulación: Son los beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos ecosistémicos, por ejemplo, la regulación de la calidad del

aire y la fertilidad de los suelos, el control de las inundaciones y las enfermedades, y la polinización de los cultivos.

2. Servicios de provisión: Son los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, por ejemplo, el suministro de alimentos, agua, fibras, madera y combustibles.
3. Servicios culturales: Son los beneficios inmateriales que las personas obtienen de los ecosistemas, por ejemplo, la fuente de inspiración para las manifestaciones estéticas, la identidad cultural y la investigación científica.
4. Servicios de apoyo: Son necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos, por ejemplo, la biodiversidad y los procesos naturales del ecosistema.

Para que exista todo el conjunto de estos servicios ecosistémicos en la naturaleza debe haber una compleja interacción de ciclos naturales que son alimentados por la energía solar, además de que operan a través de una amplia gama de escalas espaciales y temporales (Daily *et al.*, 1997). Ahora bien, el papel de los humanos en la composición y estructura de estos servicios es tan relevante como el de la propia naturaleza, pues como parte integral de los ecosistemas, el ser humano ha contribuido en el aumento y mejoramiento de algunos servicios (Guevara y Laborde, 2008), por ejemplo, en mejorar la calidad del suelo para elevar la productividad de las cosechas, en la restauración de manglares para protección de zonas costeras contra las tormentas, y en la conservación y restauración de humedales para mejorar propiedades de filtración de agua, entre otras acciones (Balée, 2006). Sin embargo, el papel del humano en las modificaciones ambientales no ha sido, en general, benéfico. A medida que aumenta la población y se intensifican las actividades económicas, la demanda de tierras para el desarrollo de vivienda, infraestructura y centros de negocios aumenta, y se están generando cambios irreversibles en las interacciones con la atmósfera, la hidrosfera y la biósfera (Kang *et al.*, 2019), lo que genera riesgos ecológicos que han alterado muchos servicios de los ecosistemas (Rees y Wackernagel, 1996).

#### 1.4. El ecosistema del Pedregal de San Ángel: biodiversidad y conservación

El Pedregal de San Ángel se desarrolló sobre la parte baja del derrame lávico del Xitle que en total cubrió un área de 80 km<sup>2</sup>, el cual hizo erupción en el año 300 d.n.e. al sur del Valle de México (Pérez-Escobedo *et al.*, 2022). La lava escurrió desde el pie del cerro del Ajusco hasta las inmediaciones de Tlalpan, Huipulco, Coyoacán y San Ángel (Rojo y Rodríguez, 2002). La variabilidad topográfica y los cambios altitudinales en toda la zona determinaron la formación de múltiples comunidades biológicas sobre la corriente de lava (Rojo y Rodríguez, 2002). En la parte alta se desarrolló un bosque de coníferas (3,000-2,850 m s.n.m), seguido por un bosque de encino (2,850-2,550 m s.n.m) y, por último, el matorral de palo loco (2,550-2,100 m s.n.m) (Pérez-Escobedo, 2013). Gracias a la gran cantidad de microambientes que se formaron sobre lo alta diversidad de geformas lávicas con condiciones diferenciales de temperatura, humedad y luminosidad, se pueden encontrar desde la tan característica planta conocida como palo loco (*Pittocaulon praecox*), mamíferos como el tlacuache (*Didelphis virginiana*) y el zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*), reptiles como la víbora de cascabel (*Crotalus molossus*), además de artrópodos, anfibios y aves (Palacio-Prieto y Guilbaud, 2015).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) es un área protegida universitaria, cuyo objetivo es la conservación del ecosistema, así como la investigación y la divulgación del conocimiento que se genera en torno a este (SEREPSA, 2020). A pesar de ello, fuera de la REPSA, en Ciudad Universitaria, se encuentran zonas no protegidas que aún conservan parte de este ecosistema. Son alrededor de 318 pedregales remanentes (PR) que no cuentan con una protección legal y por lo mismo corren el riesgo de ser destruidos por la urbanización. La importancia de estos pedregales radica en que son fragmentos repartidos en toda Ciudad Universitaria, representando sitios de amortiguamiento y conectividad ecológica, puesto que actúan como islas de geo-biodiversidad, infiltran agua de lluvia a los acuíferos y son microrreservas

biológicas que constituyen valiosas muestras de un paisaje original en riesgo (SEREPSA, 2020), además de que ofrecen multitud de servicios ecosistémicos (Castillo-Argüero *et al.*, 2016). De acuerdo con Nava-López *et al.* (2009), el ecosistema del Pedregal de San Ángel ofrece los siguientes servicios ecosistémicos:

1. Servicios de regulación. El pedregal regula la cantidad de agua, debido a que la roca basáltica tiene grietas y una alta porosidad que permite la infiltración y recarga de los mantos acuíferos; la polinización es otro servicio de regulación llevado a cabo por artrópodos, aves y murciélagos; también la regulación del clima ya que el ecosistema del pedregal funciona como un regulador microclimático. Esto último es muy importante dentro de la Ciudad de México ya que uno de los problemas de las grandes ciudades es la isla de calor, el cual es un fenómeno de origen térmico que mide la diferencia de temperatura entre el área urbana y su periferia, derivada del cambio de uso de suelo (Villanueva *et al.*, 2013).
2. Servicios de provisión. En este sitio se puede encontrar una gran cantidad de recursos genéticos, especies ornamentales y medicinales.
3. Servicios culturales. Hay una herencia cultural, debido a que en la zona se han descubierto petrograbados y objetos arqueológicos, uno de los petrograbados más grandes se localizaba cerca de la esquina que forman las calles de Zapotecas y Tepalcatzin en la colonia Ajusco (Robles, 1994). Además, existe una belleza escénica que sirvió de inspiración a grandes pintores, como Diego Rivera; asimismo ahí se lleva a cabo una importante labor de investigación científica, principalmente por la Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Servicios de apoyo. En el sitio se llevan a cabo servicios base como la producción primaria, la descomposición, flujos de energía y el mantenimiento de cadenas tróficas.

## 1.5. Justificación

En la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) de Ciudad Universitaria existen 18 pedregales remanentes (PR) que ocupan en conjunto 1.67 ha distribuidos entre las edificaciones y, al igual que las áreas protegidas dentro de los límites de la REPSA, preservan un tipo de ecosistema único, con una compleja y muy diversa comunidad, que alberga numerosas especies vegetales y animales (Cano-Santana *et al.*, 2020). Pero estos pedregales remanentes están en riesgo de desaparecer por ser considerados por algunas personas como un malpaís que no tiene ninguna utilidad más que para aumentar la superficie construida. El creciente aumento de la población universitaria que demanda mayores espacios para extender la construcción de nuevas edificaciones dentro de la universidad ha generado la destrucción del ecosistema natural del pedregal, generando la fragmentación del paisaje, la potencial pérdida de la cubierta vegetal, así como de extinciones locales de algunas especies vulnerables (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors, 2009).

Además, está la posible construcción de un comedor en la zona y esto despertó el interés de varios académicos de los Institutos de Investigaciones en Humanidades, que en conjunto emprendieron un acercamiento con investigadores de la Facultad de Ciencias para que se elaborara un diagnóstico, sobre la biodiversidad, el valor ambiental, el estado de conservación y las amenazas que ponen en riesgo al ecosistema, para emitir recomendaciones y así lograr la conservación y protección de los pedregales (Cano-Santana *et al.*, 2020).

Asentado en un informe preliminar hecho por el Dr. Zenón Cano-Santana *et al.* (2020), derivado de un levantamiento de información realizado entre abril y julio de 2019, se registró en los pedregales, microambientes originales, con una alta biodiversidad. También identificaron varias actividades humanas que han degradado el ecosistema original, entre ellas se registró una importante cantidad de disturbios como la poda de la vegetación original y saqueo de

especies nativas como la planta *Mammillaria magnimamma*, el depósito de residuos inorgánicos, orgánicos y sanitarios (botellas de cerveza, envases y bolsas de plástico, envoltorios de comida, pañales y papel de baño), el continuo paso de las personas y el recubrimiento del sustrato rocoso con concreto para pavimento. Además, se registró la presencia de fauna no nativa, como gatos, que son los depredadores más peligrosos para la fauna nativa del pedregal, ya que transmiten enfermedades a la fauna del ecosistema natural (Cano-Santana *et al.*, 2020), esto último por la irresponsabilidad de los seres humanos al abandonar y no esterilizar a sus mascotas.

Con base en estos antecedentes se identificó la necesidad de continuar con la investigación para tener un inventario completo de la biodiversidad presente en los 18 pedregales remanentes de la ZIIH (Cano-Santana *et al.*, 2020), ya que este tipo de ecosistema, el matorral xerófilo, presenta una estacionalidad temporal (época de lluvias y época de secas) que generan cambios en la estructura y composición de la vegetación (Castillo-Argüero *et al.*, 2016) que deben ser estudiados para poder hacer las recomendaciones pertinentes de conservación.

## II. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es evaluar la diversidad de flora y fauna en los 18 pedregales remanentes de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades de Ciudad Universitaria para describir su valor ambiental y emitir algunas recomendaciones.

Para cumplir con el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos particulares:

1. Determinar la riqueza y composición de plantas vasculares en el área.
2. Analizar la composición, riqueza y diversidad de invertebrados epífitos en la zona.
3. Determinar la composición y riqueza de otros invertebrados.
4. Conocer la densidad y distribución de lagartijas del género *Sceloporus* y verificar si hay actividad de otros reptiles.
5. Verificar la composición, riqueza y abundancia relativa de aves en la zona.
6. Conocer la composición, riqueza y abundancia de roedores del género *Peromyscus*.
7. Evaluar la composición y riqueza de mamíferos en el área.
8. Definir la distribución de letrinas de cacomixtles en el sitio de estudio.

### III. SITIO DE ESTUDIO

#### 3.1. Localización

El sitio de estudio se localiza al sur del campus de Ciudad Universitaria de la UNAM en la Ciudad de México y es comúnmente conocido como la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH). Su coordenada de georreferencia central es 19.31534 N y 99.18045 O, cuyo registro corresponde a la escultura conocida como “Aniversario”, obra del artista Sebastián (Cano-Santana *et al.*, 2020) y cuenta con una altura de 2,309 m s.n.m. La ZIIH tiene una extensión de aproximadamente 10 ha y está rodeada por los edificios de los institutos de Investigaciones Económicas, Estéticas, Filológicas, Filosóficas, Históricas, Jurídicas y Sociales. Así como los de la Coordinación de Humanidades (Cano-Santana *et al.*, 2020).

#### 3.2. Selección de sitios

Se hizo un recorrido por la ZIIH el 12 de abril de 2019 y se identificaron 18 pedregales remanentes (Fig. 3.1; Cano-Santana *et al.*, 2020). Se estima que los 18 PR cubren 1.67 ha (Cano-Santana *et al.*, 2020). Siendo el pedregal más pequeño de 33.7 m<sup>2</sup> y el más grande de 4,193 m<sup>2</sup> (Cano-Santana *et al.*, 2020).

#### 3.3. Rasgos climáticos y bióticos

El Pedregal de San Ángel cuenta con una alta heterogeneidad de geoformas provenientes de la solidificación de la lava del volcán Xitle. La roca basáltica estuvo expuesta a variaciones de temperatura lo que provocó la formación de grietas con distintas profundidades y esto a su vez generó muchos microambientes. En la zona se observan manchones de pedregal conocidos comúnmente como “pedregales remanentes”. Estos pedregales cuentan con una vegetación de tipo matorral xerófilo cuyo elemento florístico más emblemático es la planta conocida como “palo loco” (*Pittocaulon praecox*; Rzedowski, 1954). Este tipo de vegetación es el mejor representado de los nueve

que se asentaron sobre el sustrato basáltico del derrame del volcán Xitle (Rzedowski, 1954).

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano con una estacionalidad marcada, la época de lluvias comprende de junio a octubre mientras que la temporada seca comprende de noviembre a mayo, la temperatura media anual es de 15.6 °C y su precipitación media anual es de 833 mm (Lot y Camarena, 2009).



**Figura 3.1.** Ubicación de los 18 PR (polígonos en rojo) en las inmediaciones de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades de la UNAM. Imagen modificada de Cano-Santana *et al.*, 2020. El PR 18 marcado con una estrella verde ya fue destruido por obras del Instituto de Investigaciones Estéticas.

## IV. MÉTODOS

### 4.1. Plantas vasculares

Para determinar la riqueza y composición de las plantas vasculares en el área de estudio se utilizó el método de prospecciones dirigidas y el método por vagabundeo. El primer método consistió en marcar bandas de 5 m de ancho por la longitud mayor de cada uno de los 18 PR, las cuales se realizaron el 13 de mayo (finales de la temporada de secas) y el 26 de julio (inicio de la temporada de lluvias) de 2019 (Cano-Santana *et al.*, 2020). En cada recorrido a lo largo de las bandas se tomaron muestras de plantas (ejemplar completo) las cuales se herborizaron en el laboratorio para posteriormente identificarlas taxonómicamente a nivel de especie (Cano-Santana *et al.*, 2020).

El segundo método de muestreo se basó en hacer recorridos a cada uno de los 18 PR, se hicieron seis recorridos entre los meses de septiembre y noviembre de 2020. Las plantas no observadas ni recolectadas anteriormente por el método de prospecciones dirigidas se recolectaron, se herborizaron, se tomaron fotografías y se identificaron taxonómicamente.

### 4.2. Invertebrados

*4.2.1. Invertebrados epífitos.* Con el fin de determinar la composición, riqueza y diversidad de invertebrados epífitos en el sitio se utilizó un muestreo cuantitativo por área. En cada uno de los siguientes periodos: abril de 2019 (Cano-Santana *et al.*, 2020), septiembre-octubre y noviembre-diciembre de 2020. Para ello, se seleccionaron 30 puntos al azar dentro de los PR, en cada uno de los cuales se estableció un cuadro de 1 m × 1 m. Dentro de cada cuadro se golpeó la vegetación durante 1 min con una red entomológica de golpeo. Todos los ejemplares recolectados se separaron en bolsas de plástico, se llevaron al laboratorio y se sacrificaron en alcohol al 70% para su identificación taxonómica.

4.2.2. *Otros invertebrados.* Para conocer la composición y riqueza de otros invertebrados se realizó un método por vagabundeo y se entrevistaron a otros biólogos que han trabajado en el sitio de estudio. El primer método consistió en hacer recorridos a cada uno de los 18 PR para revisar la vegetación y la cubierta rocosa en busca de organismos. Los recorridos se hicieron el 10 y 11 de abril de 2019 en dos horarios, de 17:00-19:30 h y de 8:30-12:00 h (Cano-Santana *et al.*, 2020). Se hicieron otros tres recorridos entre septiembre-octubre de 2020, noviembre-diciembre de 2020 y enero-febrero de 2021 en el mismo horario. Los organismos fueron muestreados y otros solo fotografiados. Todos los organismos se identificaron taxonómicamente y se verificó que no estuvieran contabilizados doblemente por el muestreo cuantitativo (sección 4.2.1).

### **4.3. Vertebrados**

4.3.1. *Reptiles.* Para conocer la distribución de reptiles se realizó el método por vagabundeo, el cual se basó en hacer recorridos a cada uno de los 18 PR en mayo de 2019 (Cano-Santana *et al.*, 2020).

Por otra parte, para determinar la densidad de lagartijas del género *Sceloporus* se utilizó el método de Gates *et al.* (1996), que consiste en recorrer un transecto de 30-50 m a lo largo del cual se registra el número de lagartijas de cada especie avistada. Este método se llevó a cabo en los PR 11, 12 y 14 el 12 de abril y el 4 de mayo de 2019 en un horario de 10:00 a 12:00 h y de 17:00 a 19:00 h (Cano-Santana *et al.*, 2020). Se realizó un muestreo más en el PR 3 el 15 de noviembre de 2021 de 17:00 a 19:00 h.

4.3.2. *Aves.* Con el propósito de determinar la composición, riqueza y abundancia relativa de aves en la zona, se utilizó el método por rutas, que se fundamenta en la observación directa de aves en el dosel, sotobosque y suelo de los pedregales remanentes. Se realizaron cuatro visitas en la zona, el 4 de

mayo y el 20, 21 y 24 de junio de 2019, entre las 7:30 y las 9:30 h, con el objetivo de registrar las aves observadas (Cano-Santana *et al.*, 2020).

Se hizo otro muestreo sistemático utilizando el mismo método el cual se basó en tres visitas periódicas (febrero-marzo, abril-mayo y junio-julio de 2021) en la zona, de las cuales, dos visitas fueron matutinas de 7:30-10:30 h, una visita fue al medio día entre las 11:00-14:00 h y la última visita se realizó entre la 16:00-19:00 h para registrar las especies y el número acumulado de avistamientos durante estos periodos. Para la identificación de las aves se empleó la guía *Birds of Mexico and Central America* de Ber Van Perlo de Princeton Illustrated Checklists.

4.3.3. *Mamíferos*. Con el objetivo de determinar la composición, riqueza y abundancia de mamíferos en el sitio se usaron métodos directos e indirectos. El primer método consistió en la colocación de 21 trampas Sherman (28 × 8 × 9 cm) en los PR 11 y 12 con una separación de 10 m entre sí en la noche del 26 al 27 de abril y 24 trampas en la noche del 27 al 28 de abril de 2019 (Cano-Santana *et al.*, 2020). Y se usaron 25 trampas por noche (dos noches consecutivas) durante los periodos de febrero-marzo (PR 5 y 7), abril-mayo (PR 11 y 12) y junio-julio (PR 3) de 2021. Para las trampas se utilizaron tres cebos distintos, una mezcla de semillas de cacahuate, avena y esencia de vainilla, una mezcla de pan blanco de caja y mermelada de fresa, y comida seca de perro o gato. A cada roedor atrapado se le tomaron las medidas corporales y se le sacó una fotografía para su identificación. Todos los organismos fueron liberados.

El segundo método se basó en la búsqueda y registro de letrinas de cacomixtle en todos los PR y sus alrededores. El día 14 de mayo de 2019 se realizó la primera búsqueda (Cano-Santana *et al.*, 2020) y se hizo otra entre junio-julio de 2021, cada registro se localizó con un GPS con el fin de mapear la distribución de las letrinas en los alrededores de la ZIIH.

Un tercer método es el uso de cámaras-trampa, para lo cual se utilizó una trampa marca Bushnell y se cebó con avena, cacahuate, vainilla, naranja y

comida para gato. La cámara-trampa se utilizó durante las noches del 27 al 30 de abril y del 2 al 3 de mayo de 2019 (20:00-6:00 h del día siguiente). Las cámaras se ubicaron en los PR 11 y 12, alternándose la ubicación de la cámara cada noche (Cano-Santana *et al.*, 2020).

#### **4.4. Análisis de datos**

4.4.1. *Determinación de la diversidad de invertebrados epífitos.* Para determinar la diversidad de invertebrados epífitos se calculó el índice de Shannon-Wiener, el cual mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad extensa de la que se conoce el número total de especies (Shannon y Weaver, 1949).

4.4.2. *Determinación de la riqueza de invertebrados epífitos y aves.* Para conocer la riqueza de invertebrados epífitos y aves se hicieron curvas de acumulación de especies y estimadores de riqueza (Jackknife 2 y Chao 2), se utilizó el software EstimateS y los datos se graficaron en el programa Microsoft Excel. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de muestreo (Escalante-Espinosa, 2003).

4.4.3. *Densidad de lagartijas del género Sceloporus.* Para calcular la densidad poblacional relativa de lagartijas (ejemplares por unidad de área), se utilizó el índice de Gates, mediante la ecuación  $D = \frac{2n-1}{2LF_{prom}}$ , donde  $n$  es el conteo de lagartijas,  $L$  es la longitud de cada transecto y  $F_{prom}$  es la distancia radial promedio del observador a la lagartija (en m) (Gates *et al.*, 1996).

4.4.4. *Comunidad de invertebrados epífitos.* Para determinar el efecto de la fecha de muestreo sobre (1) la riqueza (número de especies), (2) la densidad de especímenes (número de individuos/unidad de espacio), y (3) el índice de Shannon-Wiener por m<sup>2</sup> de los invertebrados epífitos, se aplicaron ANdeVas de una vía con el programa Microsoft Excel. Los datos discretos se transformaron

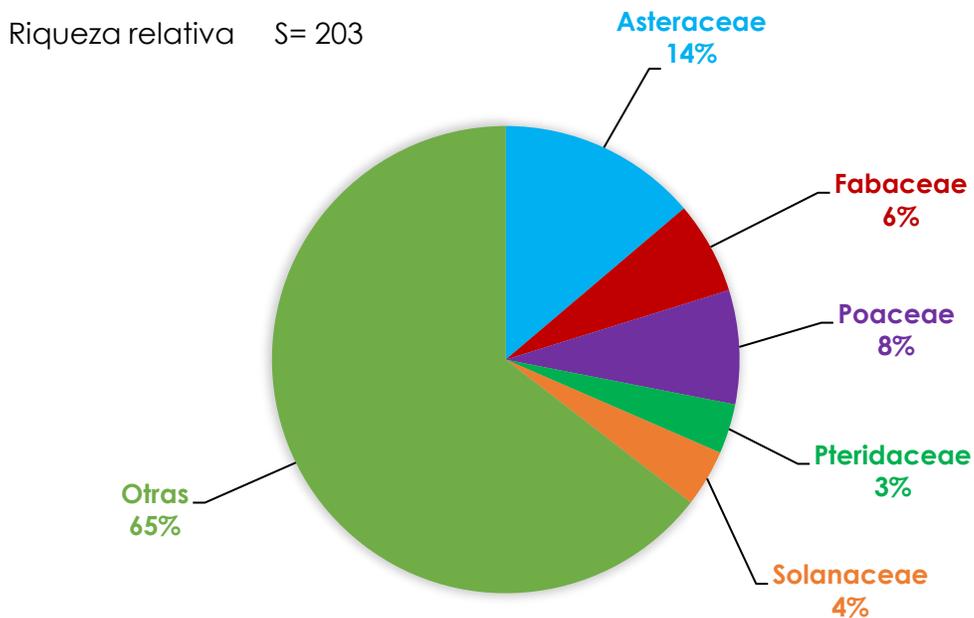
logarítmicamente. Cuando un cuadro no registró presencia de especímenes se le asignó un valor de  $H'$  de cero. Se usaron pruebas *post-hoc* de Tukey cuando se encontraron diferencias significativas entre fechas.

## V. RESULTADOS

Los datos del 2019 son tomados del trabajo de Cano-Santana *et al.*, 2020.

### 5.1. Plantas vasculares

Se registraron en total 203 especies de plantas vasculares durante los muestreos de mayo (temporada de secas)-julio (temporada de lluvias) de 2019 y septiembre (temporada de lluvias)-noviembre (temporada de secas) de 2020, de las cuales, 146 especies son nativas y 57 especies son exóticas (ver Apéndice I). En la temporada de secas se registraron 145 especies y en la de lluvias 161 especies. Las 203 especies están distribuidas dentro de 69 familias, y es Asteraceae la de mayor diversidad específica con 28 especies, que corresponden al 13.8% del total, seguido de la familia Poaceae con 16 especies (7.9%) y la familia Fabaceae con 13 especies (6.4%) (Fig. 5.1). El 43.5% de las familias presentó solo una especie (ver Apéndice I).



**Figura 5.1.** Riqueza relativa de especies de las familias de plantas vasculares más comunes encontradas durante los muestreos en la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) de la UNAM (ver Apéndice I).

## 5.2. Invertebrados epífitos

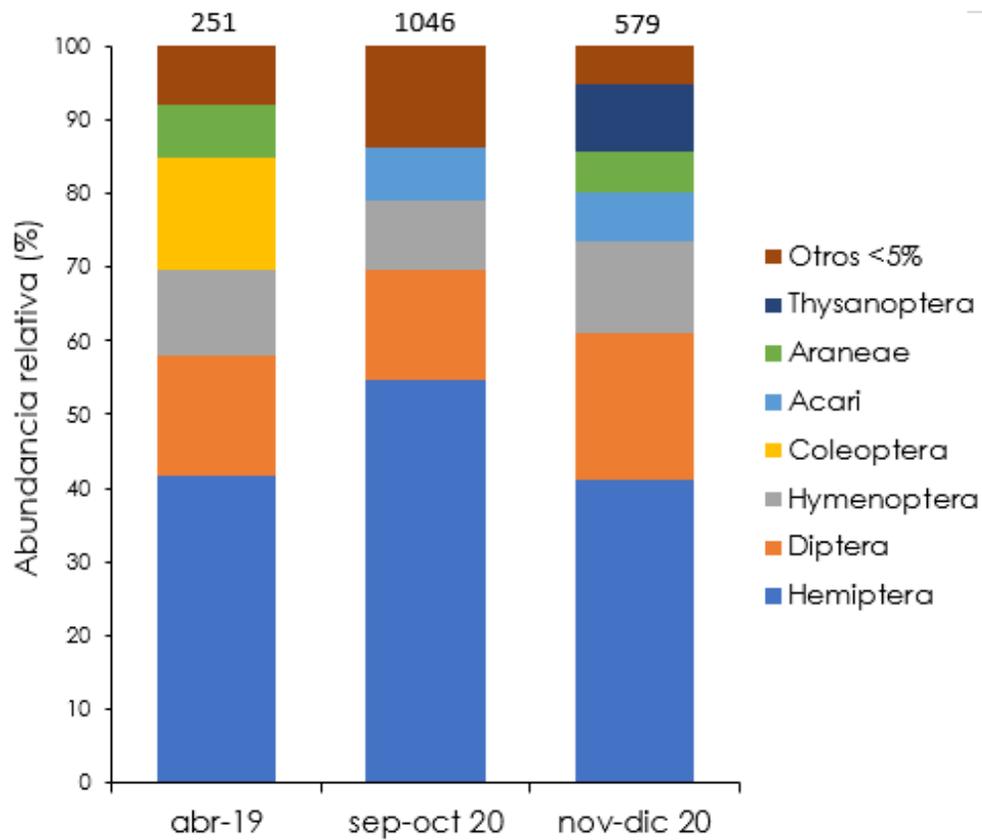
5.2.1. *Densidad y abundancia.* Fueron capturados 251 especímenes en abril de 2019, 1,046 en septiembre-octubre de 2020 y 579 en noviembre-diciembre de 2020, agrupados en 13 órdenes (Acari, Araneae, Coleoptera, Collembola, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Orthoptera, Psocoptera, Thysanoptera y Geophilomorpha) (ver Apéndice II). Esto sumó un total de 1,876 ejemplares colectados, dentro de los cuales se pudieron identificar 465 morfoespecies, y fueron Hemiptera e Hymenoptera los de mayor riqueza con 132 y 131 morfoespecies, respectivamente (ver Apéndice III). En los tres periodos el orden con mayor abundancia fue Hemiptera con 41.8% en abril de 2019, 54.7% en septiembre-octubre de 2020 y 41.1% en noviembre-diciembre de 2020, seguido de Diptera con 16.3%, 15.0% y 19.9%, respectivamente (Fig. 5.2).

Se encontró un efecto significativo de la fecha sobre la riqueza de especies ( $F_{2,87}=48.286$ ,  $P<0.001$ ), la densidad de especímenes ( $F_{2,87}=30.567$ ,  $P<0.001$ ) y el Índice de Shannon-Wiener por  $m^2$  ( $F_{2,87}=42.934$ ,  $P<0.001$ ) (ver Figs. 5.3, 5.4 y 5.5).

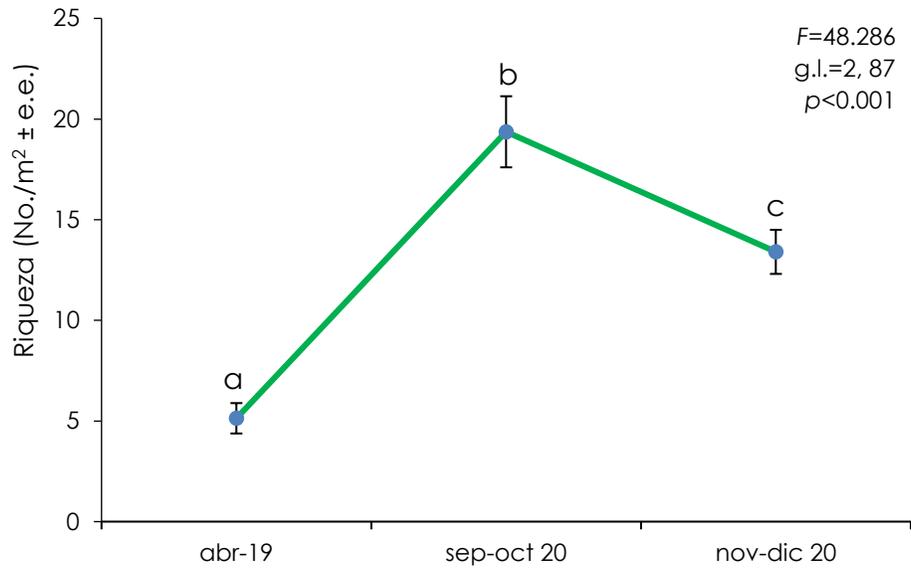
La riqueza fue significativamente más alta en septiembre-octubre de 2020 que, en las otras dos fechas, y este valor fue significativamente más alto en noviembre-diciembre de 2020 que en abril de 2019 (pruebas de Tukey:  $P < 0.05$ ).

La densidad de especímenes de invertebrados en los PR de la ZIIH fue de  $8.4 \pm e.e. 1.5$  ind./ $m^2$  en abril de 2019, de  $34.9 \pm 7.2$  ind./ $m^2$  en septiembre-octubre de 2020 y de  $19.3 \pm 1.9$  ind./ $m^2$  en noviembre-diciembre de 2020, siendo cuatro veces más la densidad de especímenes en septiembre-octubre de 2020 respecto a la de abril de 2019. Por lo anterior, la densidad registrada en septiembre-octubre de 2020 fue significativamente más alta que la registrada en abril de 2019 (pruebas de Tukey:  $P < 0.05$ ).

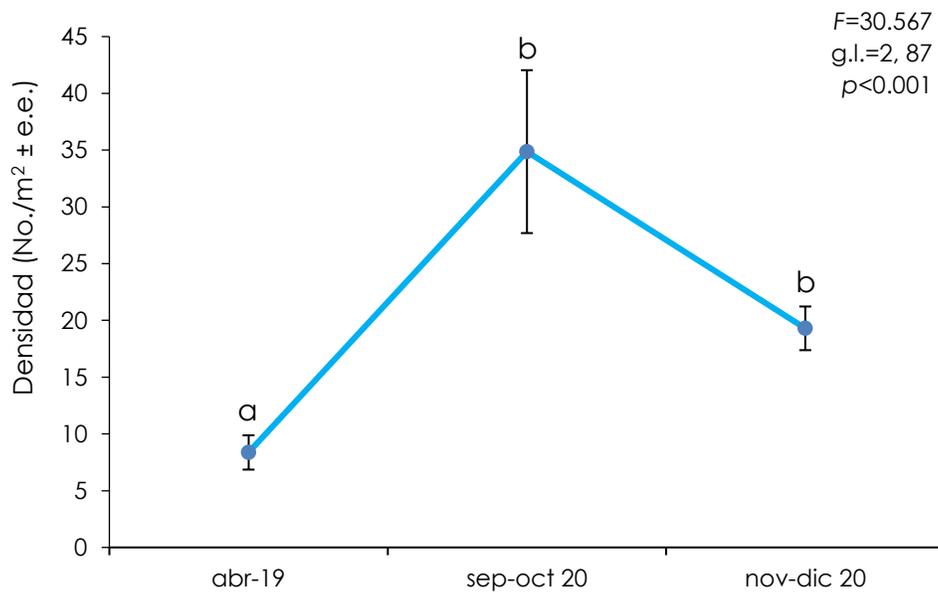
Finalmente, también se encontró que el índice de Shannon-Wiener por cuadro de 1  $m^2$  fue significativamente más alto en septiembre-octubre de 2020 (final de la época de lluvias) que en abril de 2019 (época de secas).



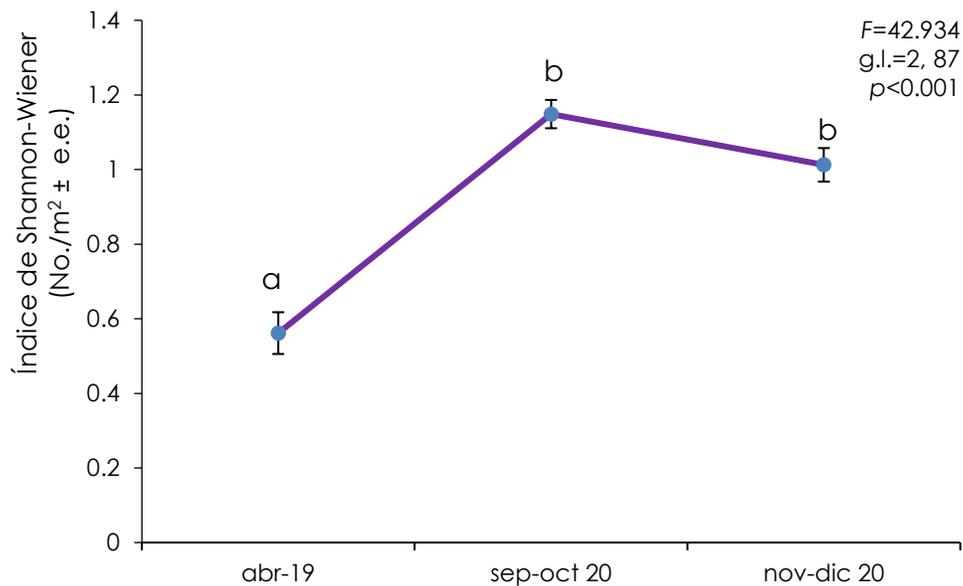
**Figura 5.2.** Abundancia relativa (%) de los órdenes de artrópodos encontrados en el mes de abril de 2019 ( $N=251$ ), septiembre-octubre de 2020 ( $N=1,046$ ) y noviembre-diciembre de 2020 ( $N=579$ ). Otros se refieren a órdenes de artrópodos y otros invertebrados con una abundancia relativa <5% (ver Apéndice II).



**Figura 5.3.** Riqueza de invertebrados en la ZIIH en abril de 2019, sep-oct de 2020 y nov-dic de 2020. Las letras distintas denotan diferencias significativas entre las fechas ( $P<0.05$ , prueba de Tukey).

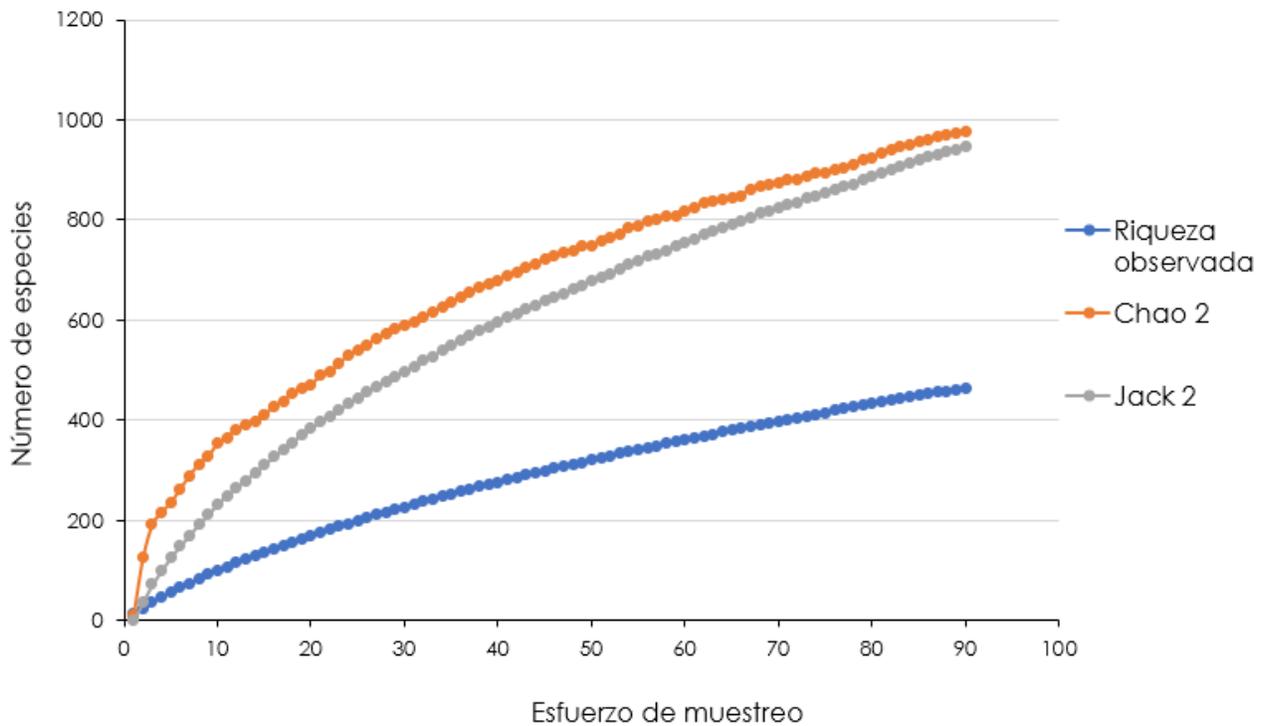


**Figura 5.4.** Densidad de invertebrados en la ZIIH en abril de 2019, sep-oct de 2020 y nov-dic de 2020. Las letras distintas denotan diferencias significativas entre las fechas ( $P<0.05$ , prueba de Tukey).



**Figura 5.5.** Índice de Shannon-Wiener de invertebrados en la ZIIH en abril de 2019, sep-oct de 2020 y nov-dic de 2020. Las letras distintas denotan diferencias significativas entre las fechas ( $P<0.05$ , prueba de Tukey).

5.2.2. *Curva de acumulación de especies y estimadores de riqueza.* Se hizo una curva de acumulación de especies observadas ( $N=465$ ) y se obtuvieron dos estimadores de riqueza (Chao 2 y Jackknife 2). En ninguna de las tres curvas se alcanzó una asíntota, esto se debe a que hubo un alto grado de rareza en las muestras, es decir, muchas especies con uno o dos individuos y, por lo tanto, se necesitaría un número mucho más grande de unidades de muestreo para completar el inventario de la zona. En ambos estimadores se llegó a un máximo de riqueza específica similar, el estimador Jackknife 2 arrojó un máximo de 948 especies y el estimador Chao 2 unas 977 especies de invertebrados (Fig. 5.6).



**Figura 5.6.** Curva de acumulación de especies de invertebrados epífitos (riqueza observada) y curvas de riqueza de especies estimadas con los estimadores no paramétricos Chao 2 y Jackknife 2.

### 5.3. Otros invertebrados

Se identificaron 19 especímenes encontrados en dos prospecciones dirigidas hechas en abril de 2019 y tres hechas en septiembre de 2020. Los organismos encontrados fueron: un caracol, dos arañas (que incluye a la tarántula del Pedregal, *Brachypelma anitahoffmanae*), un pseudoescorpión, un alacrán (*Vaejovis mexicanus*), dos escarabajos, dos chinches, una especie de abeja (*Apis mellifera*), un abejorro, dos mariposas, dos especies de chapulines, dos especies de mantis, un milpiés y una oruga de palomilla (Cuadro 5.1).

**Cuadro 5.1.** Listado de animales invertebrados presentes en los pedregales remanentes de la ZIH. \* Registros *in situ* de G. Guadarrama Huerta (com. pers.), \*\*registro de Z. Cano-Santana (com. pers.), \*\*\*registros no considerados en la cuenta final por la posibilidad de que también hayan sido colectados en el muestreo con red de golpeo, no id.: no identificada.

<b>Phylum Mollusca</b>
Gasteropoda no id. (caracol)
<b>Phylum Arthropoda</b>
<b>Clase Arachnida</b>
<b>Orden Araneae</b>
<i>Neoscona oaxacensis</i>
<i>Brachypelma anitahoffmanae</i> (tarántula del pedregal) *
<b>Orden Scorpiones</b>
<i>Vaejovis mexicanus</i> *
<b>Orden Pseudoscorpionida</b>
Pseudoscorpión no id.
<b>Clase Insecta</b>
<b>Orden Hemiptera</b>
<i>Bactrodes spinulosus</i>
<i>Zicrona caerulea</i>
<i>Collaria</i> sp. (chinche fitófaga) ***
<b>Orden Hymenoptera</b>
<i>Bombus</i> sp. (abejorro)
<i>Apis mellifera</i> (abeja europea)
<b>Orden Mantodea</b>
<i>Pseudovates paraensis</i>

Cuadro 5.1. (Continúa).

<i>Stagmomantis limbata</i>
<b>Orden Coleoptera</b>
<i>Epilachna Mexicana</i>
<i>Euphoria basalis</i>
<b>Orden Lepidoptera</b>
<i>Pieris rapae</i>
<i>Papilio multicaudata</i> (mariposa amarilla)
Pyralidae no id. (palomilla)***
<i>Lophoceramica phyrtha</i> (gusanito gregario del tabaquillo) **
<b>Orden Orthoptera</b>
<i>Melanoplus gladstoni</i>
<i>Achurum sumichrasti</i> (chapulín)
<i>Opeia obscura</i> (chapulín) ***
<i>Orphulella</i> sp. (chapulín)***
<b>Clase Diplopoda</b>
<b>Orden Polydesmida</b>
Paradoxosomatidae no id. (pos. <i>Oxidus gracilis</i> )

#### 5.4. Reptiles

En los recorridos realizados en mayo de 2019 se avistaron dos especies de reptiles, la lagartija de collar (*Sceloporus torquatus*) y la lagartija espinosa (*Sceloporus grammicus*). La lagartija de collar se registró en los 18 pedregales remanentes, y los pedregales con más avistamientos fueron el 11, 14 y 5, mientras que la lagartija espinosa solo se registró en los pedregales 5, 6, 7, 17 y 18 (Cuadro 5.2 y Fig. 5.7). *Sceloporus grammicus* está sujeta a protección especial de acuerdo

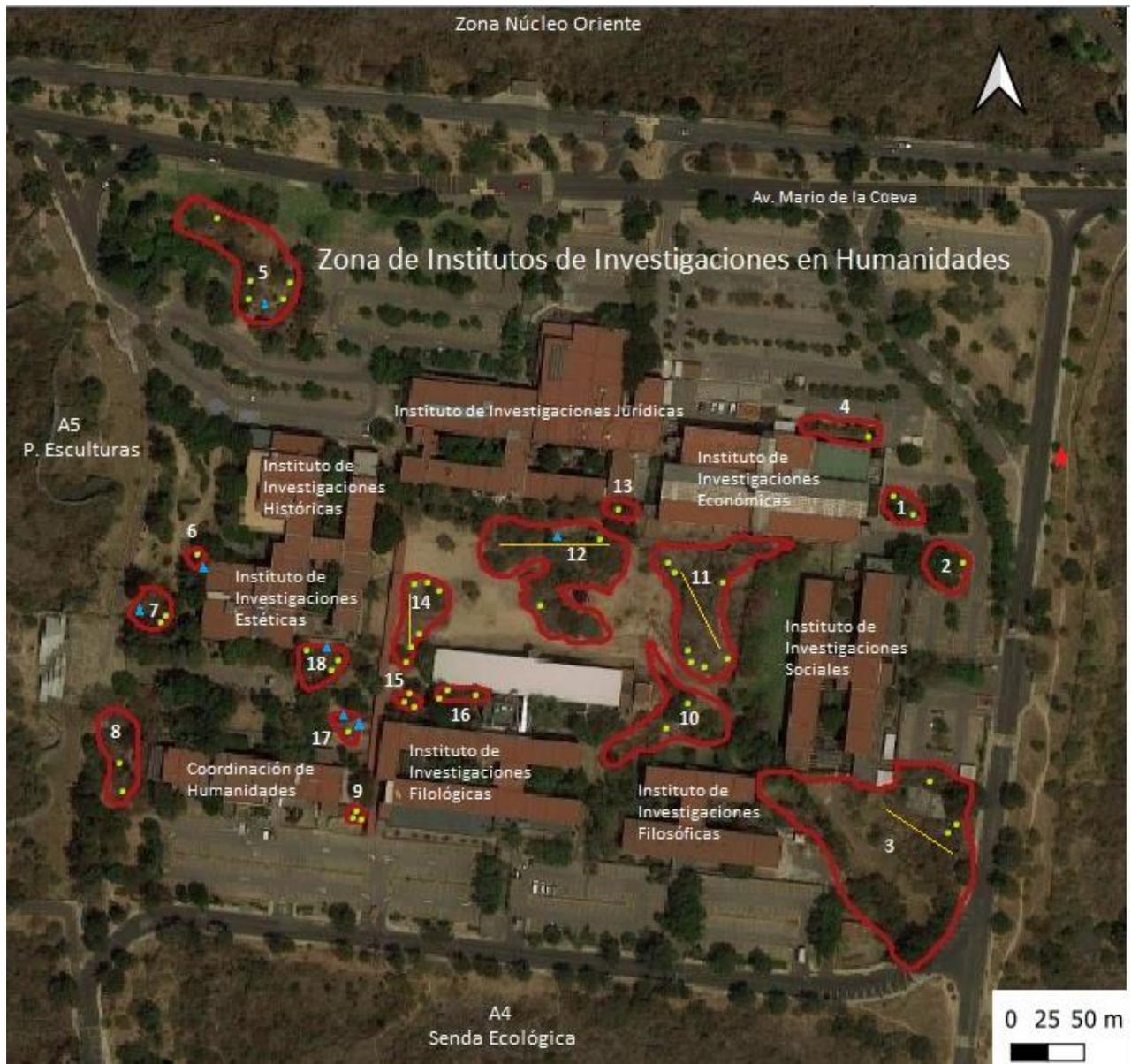
con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Aunque no se hicieron valoraciones cuantitativas en las visitas realizadas entre septiembre de 2020 y noviembre de 2021, se avistaron especímenes de lagartijas de collar al menos en los PR (2, 3, 7, 8, 11, 12, 14 y 18), en tanto que la lagartija espinosa se registró al menos en los PR (3, 4, 10, 13 y 18).

Entre abril-mayo de 2019 se realizaron transectos de Gates trazados en los PR 11, 12 y 14, y se obtuvieron solo densidades para la lagartija de collar (*S. torquatus*) las cuales fueron: 3.6, 1.8 y 4.6 lagartijas/100 m<sup>2</sup>, respectivamente. En noviembre de 2021 se realizó otro transecto de Gates en el PR 3 donde se observaron cuatro individuos de *S. grammicus* y tres individuos de *S. torquatus*, dando una densidad de 2.2 y 1.4 lagartijas/100 m<sup>2</sup>, respectivamente. En cuanto a la densidad total esta fue de 3.8 lagartijas/100 m<sup>2</sup> (Fig. 5.7).

Entre las 16:00 y 16:30 h del 19 de julio de 2021 José Israel Villegas Gutiérrez, bibliotecario del Instituto de Investigaciones Sociales avistó una serpiente de la especie *Crotalus molossus*, la serpiente atravesó el circuito desde la zona de jardines del lado sureste del Instituto de Investigaciones Económicas hasta la banqueta y límite del Núcleo Sur Oriente de la REPSA (19°18'57.1" Norte, 99°10'43.2" Oeste) (ver Apéndice V).

**Cuadro 5.2.** Número de avistamientos de *S. torquatus* y *S. grammicus* en los 18 PR dentro de la ZIIH de Ciudad Universitaria. Datos de mayo de 2019.

Especie	Pedregales remanentes																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>S. torquatus</i>	2	1	3	1	5	1	2	2	3	2	7	2	1	6	3	3	1	3
<i>S. grammicus</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1

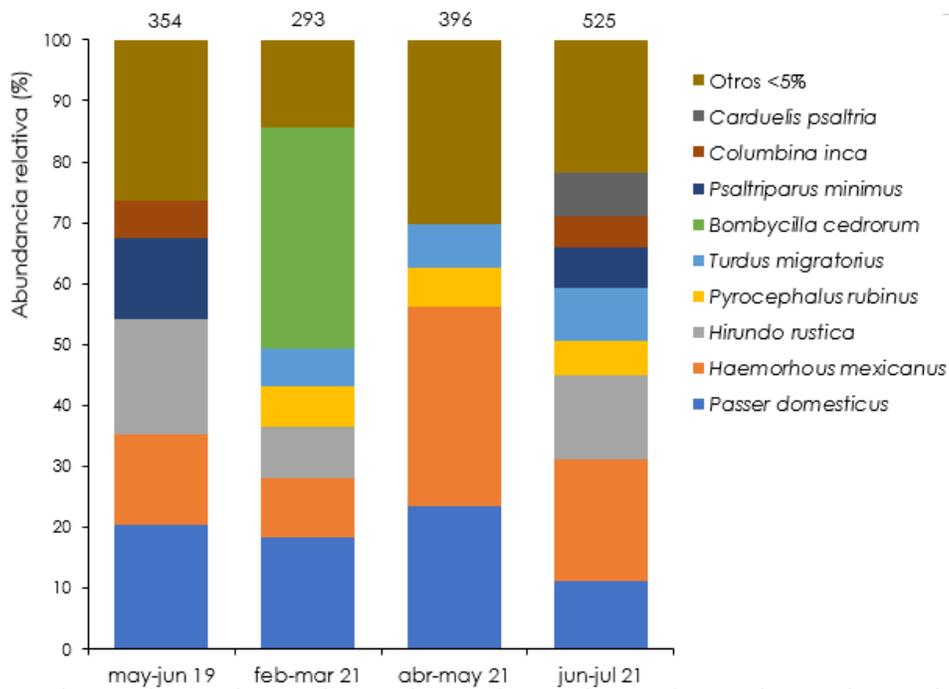


**Figura 5.7.** Distribución de lagartijas y ubicación de la serpiente *Crotalus molossus* en los 18 PR de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) de Ciudad Universitaria. Los puntos verdes señalan la ubicación de cada ejemplar de *Sceloporus torquatus*, los triángulos azules indican la posición de cada ejemplar de *S. grammicus*. Las líneas naranjas señalan la posición de los transectos para medir la densidad de lagartijas en los PR 3, 11, 12 y 14. Se señala la ubicación de lagartijas avistadas en mayo de 2019, pero no los ejemplares avistados al usar el método de Gates. La estrella roja señala la ubicación de la serpiente *Crotalus molossus*.

## 5.5. Aves

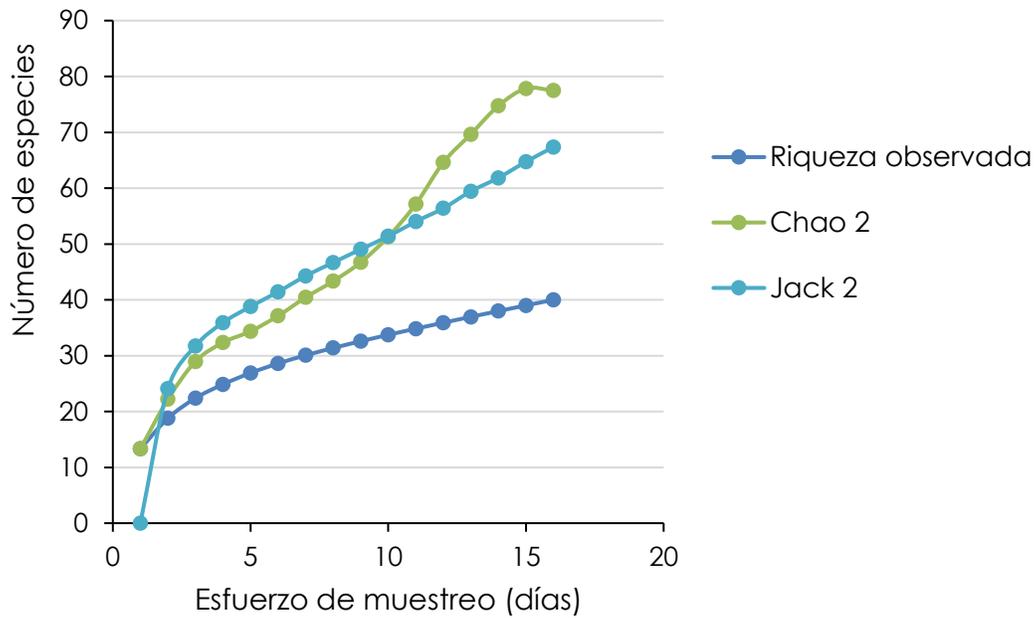
5.5.1. *Composición y abundancia relativa.* En todo el periodo de estudio se registraron 1,569 avistamientos de 41 especies de aves (ver Apéndice IV). Hubo 354 avistamientos de 24 especies en mayo-junio de 2019, 293 avistamientos de 22 especies en febrero-marzo de 2021, 396 avistamientos de 22 especies en abril-mayo de 2021, 525 avistamientos de 28 especies en junio-julio de 2021 y se observó un carpintero mexicano (*Picoides scalaris*) el 29 de octubre de 2020. Las 41 especies están repartidas en cuatro órdenes, 19 familias y 29 géneros, y el orden más representativo en número de especies es el de los Passeriformes con 33, seguido de Apodiformes con cuatro, Columbiformes con tres y Piciformes con una. Las especies de aves con la mayor frecuencia de avistamientos fueron, el gorrion inglés (*Passer domesticus*) con 72 avistamientos que representan el 20.3% durante mayo-junio de 2019, el chinito (*Bombycilla cedrorum*) con 106 avistamientos que representan el 36.2% durante febrero-marzo de 2021 y el gorrion mexicano (*Haemorhous mexicanus*) con 129 avistamientos que representan el 32.6% durante abril-mayo de 2021 y con 105 avistamientos que representan el 20.0% durante junio-julio de 2021 (Fig. 5.8).

De las 41 especies avistadas en la ZIIH, 23 son residentes, cuatro residentes de verano, una residente introducida y 10 migratorias visitantes de invierno, de esas mismas especies 14 son abundantes, 10 muy abundantes, 11 comunes y tres son raras, de tres especies no se tienen datos (ver Apéndice IV, datos de Chávez y Gurrola, 2009).



**Figura 5.8.** Porcentaje de avistamientos de individuos de especies de aves durante cuatro visitas a la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) realizadas en mayo-junio de 2019 ( $N=354$ ), febrero-marzo de 2021 ( $N=293$ ), abril-mayo de 2021 ( $N=396$ ) y junio-julio de 2021 ( $N=525$ ). Otros se refieren a las especies con un porcentaje de avistamientos <5% (ver Apéndice IV).

5.5.2. *Curva de acumulación de especies y estimadores de riqueza.* Se realizó una curva de acumulación de especies observadas ( $N=40$ ) y se calcularon dos estimadores de riqueza (Chao 2 y Jackknife 2), en la curva con el estimador de Chao 2 se alcanzó una asíntota con un máximo de 78 especies de aves que podrían ser avistadas en la zona. El estimador Jackknife 2 arrojó un máximo de 67 especies, sin llegar a la asíntota (Fig. 5.9).



**Figura 5.9.** Número de especies observadas y estimadas para las aves de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) en la Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

## 5.6. Mamíferos

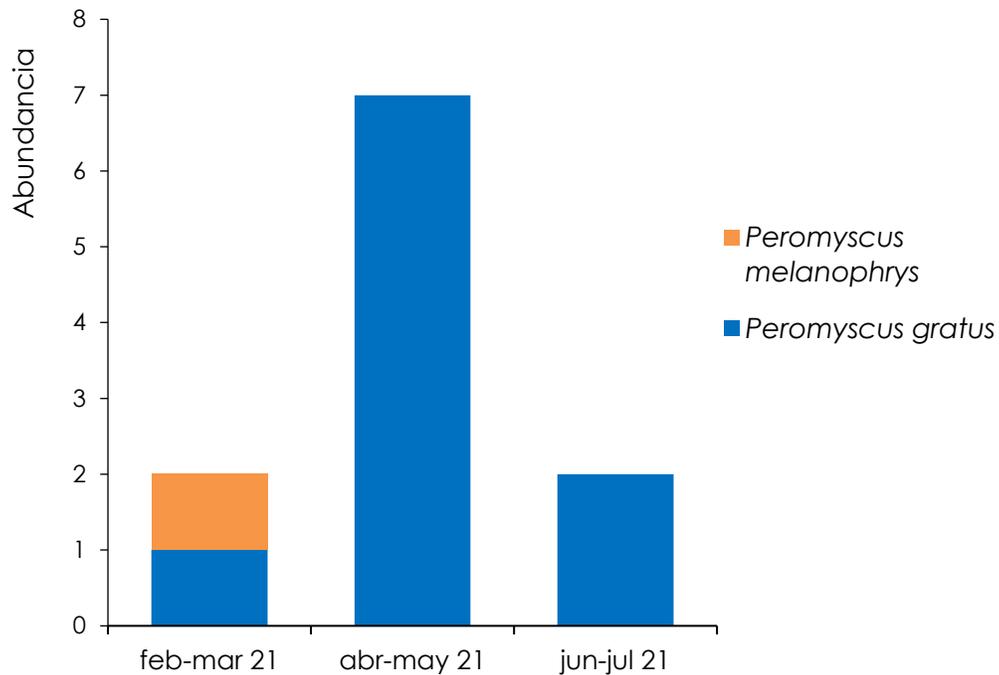
5.6.1. *Composición de mamíferos y abundancia de roedores.* Durante abril y mayo de 2019 se detectaron por distintos métodos, cinco especies de mamíferos silvestres y dos exóticos. Los mamíferos silvestres fueron el tlacuache (*Didelphis virginiana*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), el ratón piñonero (*Peromyscus gratus*), el ratón de campo (*Peromyscus melanophrys*) y el ardillón (*Otospermophilus variegatus*), y los exóticos fueron el gato doméstico (*Felis catus*) y la ardilla arborícola (*Sciurus aureogaster*) (Cuadro 5.3). Con fototruampas colocadas en los PR 11 y 12 se detectó al tlacuache, al cacomixtle, el ratón piñonero, el ratón silvestre y el gato doméstico. Por observaciones directas se corroboró la actividad de tlacuaches (G. Guadarrama, obs. pers.) y gatos, así como la de ardillas y los ardillones, y por sus letrinas se corroboró la actividad de cacomixtles. Con las trampas Sherman se capturó un ejemplar de *P. gratus* en el

PR 12, por lo que se registra una frecuencia de captura de 1 ind./45 noches-trampa.

**Cuadro 5.3.** Especies de mamíferos silvestres y exóticos observados con distintos métodos dentro de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) en abril y mayo de 2019 (Cano-Santana *et al.*, 2020).

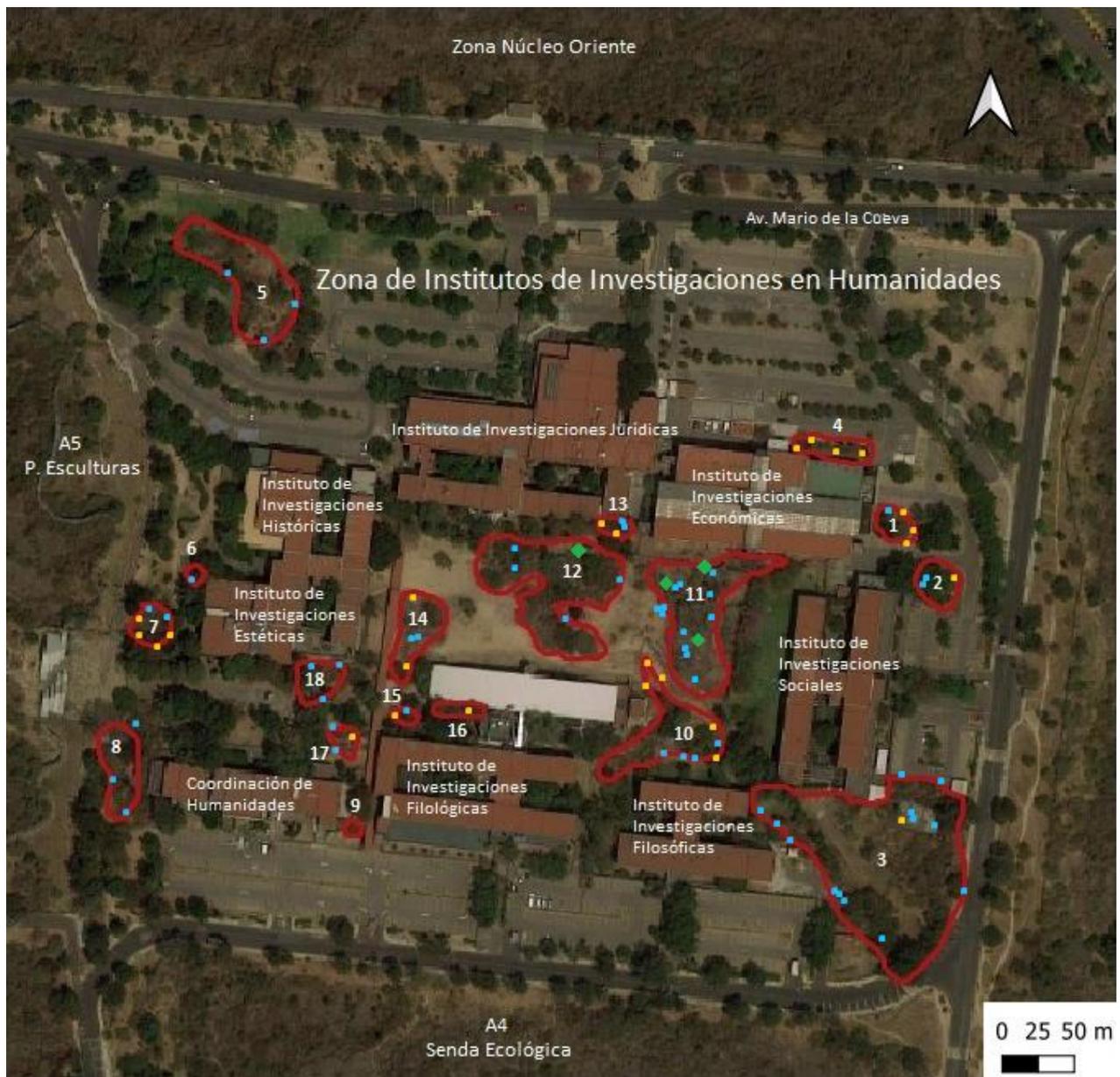
<b>Especie</b>	<b>Método</b>
Tlacuache ( <i>Didelphis virginiana</i> )	Fototrampa, observación directa
Cacomixtle ( <i>Bassariscus astutus</i> )	Fototrampa, letrinas
Ratón piñonero ( <i>Peromyscus gratus</i> )	Fototrampa, trampa Sherman
Ratón de campo ( <i>Peromyscus melanophrys</i> )	Fototrampa
Ardillón ( <i>Otospermophilus variegatus</i> )	Observación directa
Gato doméstico ( <i>Felis catus</i> )	Fototrampa, observación directa
Ardilla arborícola ( <i>Sciurus aureogaster</i> )	Observación directa

En el 2021 se volvieron a colocar trampas Sherman durante tres temporadas y se capturaron 10 individuos de pos. *Peromyscus gratus* y un individuo de pos. *Peromyscus melanophrys* (Fig. 5.10).



**Figura 5.10.** Número de capturas de cada especie de mamíferos del género *Peromyscus* encontrada durante febrero-marzo de 2021 (N=2), abril-mayo de 2021 (N=7) y junio-julio de 2021 (N=2).

5.6.2. *Distribución de letrinas de cacomixtles.* Se registró un total de 45 letrinas de cacomixtle en abril de 2019 dentro de la ZIIH, de las cuales, el mayor número se registró en el PR 3 con 11 y el PR 11 con 10. Además, en noviembre de 2021 se registraron 25 letrinas, y el mayor número se registró en el PR 10 con cinco. En ambos meses también se encontraron letrinas en algunas bardas en la parte del estacionamiento y en las ventanas de los edificios que conforman toda la zona (Fig. 5.11).



**Figura 5.11.** Distribución de letrinas de cacomixtles dentro de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) de la Ciudad Universitaria, Ciudad de México. Las letrinas con puntos azules se localizaron en abril de 2019 y las indicadas con puntos naranjas se localizaron en noviembre de 2021. Los rombos verdes señalan los sitios en donde se colocaron las fototrampas.

### 5.7. Número total de especies

Se identificaron 273 especies y 465 morfoespecies de animales y plantas, dando un total estimado de 738 especies (Cuadro 5.4).

**Cuadro 5.4.** Número total de especies por grupo identificadas dentro de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) de la Ciudad Universitaria.

<b>Grupo</b>	<b>Número de especies</b>
Plantas vasculares nativas	146
Plantas vasculares exóticas	57
Invertebrados epífitos por redeo	465
Otros invertebrados	19
Reptiles	3
Aves	41
Mamíferos	7
<b>Total</b>	<b>738</b>

## VI. DISCUSIÓN

### 6.1. La comunidad de plantas vasculares

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) tiene un tipo de vegetación conocido como matorral xerófilo, el cual cuenta con una estructura muy heterogénea y una composición florística muy diversa (Cano-Santana, 1994a) y los remanentes de pedregal tienen un gran valor para la conservación de la biodiversidad de plantas del matorral (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). En los PR de la ZIIH se encontraron 203 especies que corresponde al 54% del total de la REPSA (377 especies; Castillo-Argüero *et al.*, 2009), lo cual sugiere un número importante de especies para el espacio que cubren (1.67 ha).

Al igual que en la REPSA, los remanentes de la ZIIH se caracterizan por tener un gran número de hierbas y muy pocos árboles (Castillo-Argüero *et al.*, 2004), esto debido a que al matorral xerófilo de la reserva se le considera como una comunidad intermedia dentro de la sucesión ecológica, en la cual las hierbas y malezas son muy comunes (Cano-Santana y Meave, 1996).

Del total de especies (203) es la familia Asteraceae la de mayor riqueza específica con 28 especies. Esto coincide con los datos que se registran no solo para la REPSA sino en México y a nivel mundial. En el mundo, la familia Asteraceae presenta cerca de 23,000 especies (Bremer, 1994) y México es uno de sus principales centros de diversificación (Soto-Trejo *et al.*, 2011) con 361 géneros y poco más de 3,000 especies (Villaseñor, 2016). En la REPSA se tiene un registro de 114 especies distribuidas en 15 tribus y 56 géneros (Céspedes *et al.*, 2018). La importancia de la familia Asteraceae dentro de la REPSA es tal que la comunidad vegetal se denomina matorral de "palo loco" por un arbusto de esta familia que es claramente dominante: *Pittocaulon praecox* (Rzedowski, 1954).

En los PR de la ZIIH se encontraron 146 especies de plantas nativas, de las cuales, las más importantes para su conservación se encuentran el palo loco

(*Pittocaulon praecox*), el copal (*Bursera cuneata*) y la biznaga del chilito (*Mammillaria magnimamma*) (Cano-Santana et al., 2020).

Además de la importancia ecológica de estas tres especies, el palo loco se cultiva como ornamento y sus hojas suelen usarse para curar heridas y reumatismos, la biznaga del chilito es muy apreciada como ornamento (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2001) y por su pequeño tamaño; además, cuenta con una gran belleza por el colorido de sus flores (Rendón et al., 2022). El copal, por su parte, tiene importancia económica y cultural, puesto que los copales son ricos en gomas y resinas de gran valor en el mundo para la fabricación de cementos y barnices (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2001).

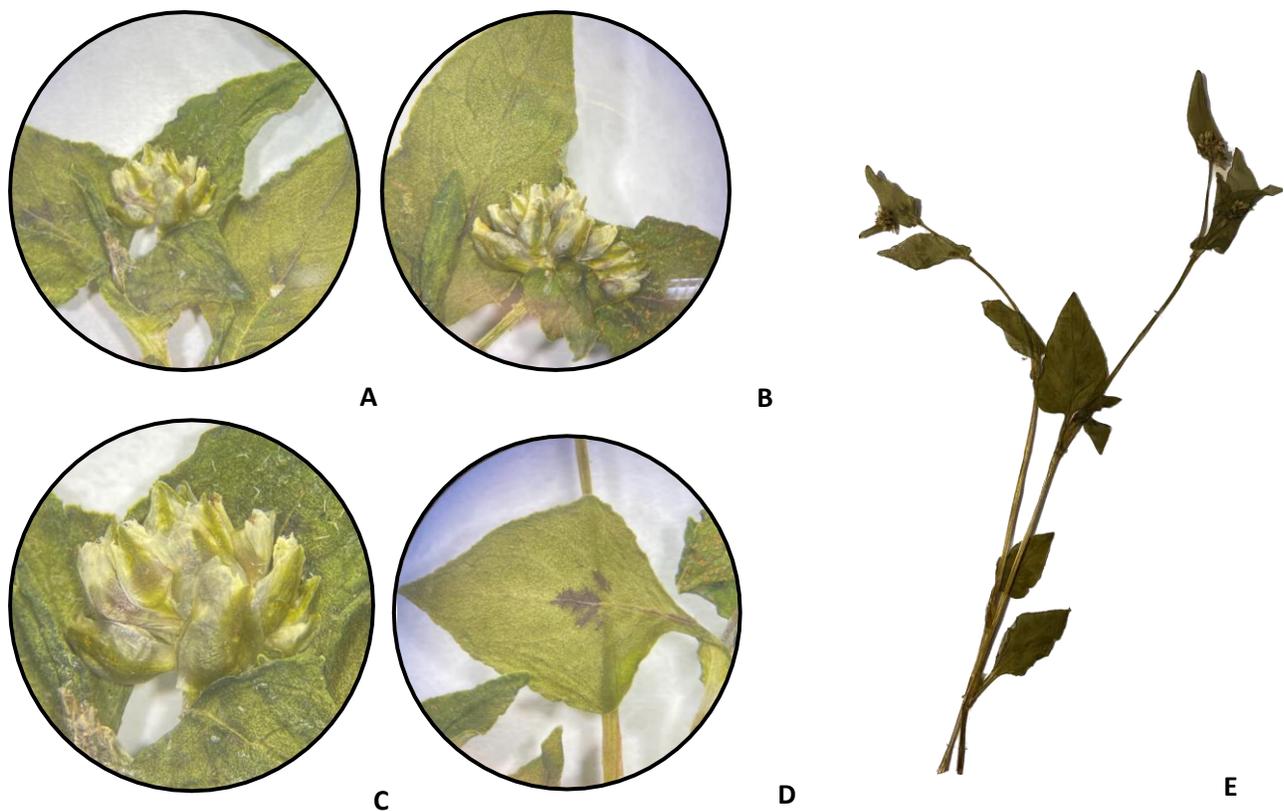
También se encontró una especie considerada de difícil localización por tener una población muy reducida, *Carminatia tenuiflora*, según Rzedowski y Calderón de Rzedowski (1979, 2001), que es otro argumento importante para proteger a estos pedregales.

La presencia en los pedregales remanentes de *Passiflora subpeltata*, *Opuntia* spp., *Acalypha mexicana* y *Phytolacca icosandra* se puede entender por la acción de dispersión que realizan los cacomixtles, ya que estos carnívoros no estrictos ingieren las frutas de estas plantas y dispersan sus semillas en el sitio (Castellanos-Morales, 2006).

Fueron 57 especies de plantas exóticas identificadas y las de mayor necesidad de control por su potencial de invasión son el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), el bastón de San Francisco (*Leonotis nepetifolia*), el ricino (*Ricinus communis*) y la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) (Cano-Santana et al., 2020).

Además, se encontró en el sitio a la especie *Polygonum nepalense* (Polygonaceae; Fig. 6.1), una planta originaria de Asia considerada como neófita en México por ser de reciente introducción (Vibrans y Hanan-Alipi, 2008). La primera vez que se descubrió una población fue en el año de 2005 cerca del volcán Nevado de Toluca y en el 2006 se encontró una segunda población en

las faldas del volcán El Quilotzi (Vibrans y Hanan-Alipi, 2008). Esta especie está considerada como una maleza muy agresiva ya que puede convertirse en una especie invasora de gran peligro para la vegetación natural del pedregal debido a que puede adaptarse a diversas condiciones ambientales (Vibrans y Hanan-Alipi, 2008). La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) recomienda su erradicación inmediata para no permitir una mayor distribución (CONABIO, 2009). Desgraciadamente, no hay estudios sobre su presencia en la Ciudad de México y en la REPSA, por lo tanto, se recomienda hacer nuevas investigaciones para conocer su impacto y proponer posibles soluciones.



**Figura 6.1.** A, B y C. Inflorescencias en forma de cabezuela. D. Hoja triangular con peciolo alado. E. Ejemplar completo de *Polygonum nepalense* (Polygonaceae) encontrado en la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) de la Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

## 6.2. La comunidad de invertebrados

Los invertebrados y en particular los insectos son organismos que abundan en todos los ecosistemas terrestres y, por ende, desempeñan una función clave como descomponedores, herbívoros, polinizadores, dispersores de semillas, depredadores, parásitos, ingenieros de ecosistemas, así como presas y alimento de una variedad de vertebrados y otros invertebrados (Gullan y Cranston, 1994). El papel de estos insectos en los ecosistemas terrestres dependerá de las fluctuaciones en el número de individuos que conforman a las poblaciones y de la intensidad de la actividad de alimentación y reproducción (Vasconcellos *et al.*, 2010). Estas actividades, a su vez, estarán asociadas con la estacionalidad y las condiciones climáticas en los ecosistemas (Wolda, 1988).

A partir de numerosos estudios se sabe que la lluvia influye sobre la fisiología, reproducción, desarrollo y actividad de muchos organismos, principalmente insectos, repercutiendo sobre todo en su abundancia (Tanaka y Tanaka, 1982). Sin embargo, las respuestas de los insectos al clima no son uniformes y pueden variar según las características del hábitat y los taxones estudiados (Wolda y Broadhead, 1985).

En el Pedregal de San Ángel la distribución de la precipitación es muy desigual, dividiéndose el año en una temporada lluviosa (de junio a octubre) y otra seca (de noviembre a mayo) (Rzedowski, 1954). Esta estacionalidad ocasiona una gran influencia en la estructura de la comunidad de invertebrados tanto del Pedregal como de la ZIIH. Sobre la densidad, ésta fue mayor entre septiembre-octubre de 2020 con 34.7 individuos por m<sup>2</sup>, esto coincide con la época lluviosa. Otro factor dentro del Pedregal de San Ángel durante estos meses es el volumen total de la vegetación que es mayor y, por lo tanto, el número total de especies de invertebrados que reanudan su desarrollo se incrementa (Cano-Santana, 1994b).

En general se pudieron identificar 465 morfoespecies de invertebrados epífitos: no obstante, el estimador Chao 2 nos arrojó un número de 977 especies

y el estimador Jackknife 948. En un estudio hecho por Rueda-Salazar y Cano-Santana (2009) donde recopilan información sobre el número de especies de artrópodos descritos para la REPSA encontraron en total 817 especies ya conocidas y estiman que aún faltan por descubrir unas 600 especies de artrópodos. Por lo tanto, se estima que puedan existir en la REPSA unas 1,417 especies de artrópodos, entonces en nuestra zona de estudio se encuentra al menos 66.9% (948/1417) de las especies que se estima habitan en la REPSA. Estos resultados son muy importantes, pero aún falta por descubrir un gran porcentaje de especies de invertebrados dentro de la ZIIIH.

Por otro lado, Rueda-Salazar y Cano-Santana (2009) recopilaron información sobre el número de especies por orden que pueden encontrarse dentro la REPSA, y registraron que los órdenes de artrópodos con mayor riqueza son Lepidoptera, Hymenoptera, Homoptera (Hemiptera no Heteroptera) y Diptera. Estos resultados concuerdan con nuestro estudio, ya que, dejando de lado a los lepidópteros por no tratarse exclusivamente de artrópodos epífitos, son Hemiptera (incluye Homoptera) con 132 morfoespecies, Hymenoptera con 131 morfoespecies y Diptera con 65 morfoespecies los de mayor riqueza. Sobre la abundancia también fue Hemiptera (incluye Homoptera) el orden con mayor número de individuos encontrados, seguido de Diptera.

Se identificaron algunas especies, entre ellas, hay que destacar a la tarántula del pedregal (*Brachypelma anittahoffmanae*), el saltamontes (*Sphenarium purpurascens*), la araña (*Neoscona oaxacensis*) y el alacrán (*Vaejovis mexicanus*). *Sphenarium purpurascens* es un ortóptero muy común en época de lluvias y se destaca como un gran generalista, de manera que puede dominar fácilmente a otras especies, por lo anterior, tiene un fundamental papel en el flujo de energía del Pedregal (Castellanos-Vargas y Cano-Santana, 2009). Uno de sus máximos depredadores y de gran importancia dentro de la REPSA es la araña *N. oaxacensis*, la cual puede consumir entre 810 y 2,520 presas ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, esto le da un papel clave como regulador, principalmente de *S. purpurascens*

que constituye el 95% de la biomasa de artrópodos epífitos de la reserva (Ríos-Casanova, 1993). El alacrán encontrado es *V. mexicanus* y no es de importancia médica, esto es, no representa un peligro para el ser humano. El avistamiento de la tarántula del Pedregal *B. anitahoffmanae* tiene gran importancia por ser una especie endémica de la Ciudad de México (Mendoza-Marroquín, 2016) y cuyas poblaciones se concentran en la reserva (Durán *et al.*, 2016).

### **6.3. La comunidad de reptiles**

México es un país megadiverso siendo los anfibios y reptiles un componente fundamental para sostener este título. El país cuenta con alrededor de 1,234 especies y subespecies de reptiles registradas (Liner, 2007), y el 60% de esa riqueza es endémica del país (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005).

En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel este grupo ha sido poco estudiado; no obstante, Méndez de la Cruz *et al.* (2009) realizaron un estudio completo donde encontraron 23 especies de reptiles, de las cuales siete son lagartijas, dos son tortugas y 14 son serpientes. Las dos tortugas no son nativas del sitio, ya que fueron introducidas y liberadas por personas, dentro del pedregal solo se pueden encontrar en los cuerpos de agua del Jardín Botánico de la UNAM (Méndez de la Cruz *et al.*, 2009). En el sitio de estudio solo se localizaron dos lagartijas y una serpiente de la especie *Crotalus molossus*. Las lagartijas encontradas fueron, *Sceloporus grammicus* y *Sceloporus torquatus*.

*Sceloporus grammicus* es una especie de lagartija vivípara con una amplia distribución geográfica, se le puede observar desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de México (Méndez de la Cruz *et al.*, 2009). Habita en regiones áridas, mezquitales, bosques de encino, de pino y de oyamel (Tovar-Flores, 2017), y es muy común encontrarlas en sitios perturbados (Méndez de la Cruz *et al.*, 2009). En la reserva se le puede observar en rocas, tocones, árboles y nopales (Sánchez-Herrera, 1980).

*Sceloporus torquatus* es una especie de lagartija vivípara endémica de México que se distribuye en el norte y centro del país (Uribe-Peña *et al.*, 1999). Esta especie está más asociada a bosques de pino y encino (Sánchez-Herrera, 1980). En la REPSA se le puede observar sobre los afloramientos rocosos (Carrasco-Salgado, 2020), pero también se puede encontrar en los alrededores donde las zonas están moderadamente perturbadas (Méndez de la Cruz *et al.*, 2009). Suele ser menos activa en temporada de frío a diferencia de *S. grammicus* (Méndez de la Cruz *et al.*, 2009).

Se encontraron grandes diferencias en la abundancia, en total se avistaron 48 individuos de *S. torquatus* y siete de *S. grammicus*. Debido a que ambas son especies filogenéticamente cercanas y se alimentan de lo mismo, es factible que exista entre ellas una interacción competitiva por la ocupación del hábitat, principalmente en la temporada de secas (Sánchez-Herrera, 1980). Tovar-Flores (2017) no encontró evidencia suficiente de competencia entre ambas especies, pero destaca que en la temporada de secas cálidas (marzo a mayo) la presencia de *S. torquatus* puede afectar negativamente la presencia de *S. grammicus*.

#### **6.4. La comunidad de aves**

El Pedregal de San Ángel constituye uno de los pocos sitios de protección y refugio para la fauna silvestre que habita en la capital, o puede volverse como lugar de paso de invernación o de reproducción para otros animales (del Coro-Arizmendi *et al.*, 1994). A pesar de ello, en la actualidad este ecosistema está fragmentado y solo se encuentra representado por una pequeña extensión conservada, esto último debido al crecimiento desmedido de la población (Lot, 2008). Las aves que habitan el Pedregal de San Ángel son tal vez uno de los grupos menos perjudicados por su gran capacidad de movimiento que les permite visitar el Pedregal y zonas aledañas en ciertas épocas del año (del Coro-Arizmendi *et al.*, 1994).

Una de las formas más comunes para medir la biodiversidad es la riqueza (Sarkar, 2002), además de ser muy utilizada para describir una comunidad (Magurran, 1988). La riqueza de especies en una localidad indica la relación entre las especies y las características físicas del lugar (Whittaker *et al.*, 2001). Por lo tanto, cada zona cuenta con distintas condiciones ambientales que favorecen a distintas especies de aves; así como a una mayor riqueza de especies en virtud de que existen menores disturbios o por su cercanía con áreas con vegetación natural (Whittaker *et al.*, 2001).

En la REPSA la mayor riqueza específica se presenta en marzo, debido a la presencia de aves migratorias visitantes de invierno (del Coro-Arizmendi *et al.*, 1994). En este trabajo la mayor riqueza la observamos entre los meses de junio y julio con 28 especies, debido, tal vez, a un mayor esfuerzo de muestreo, a un mayor conocimiento de las aves de la zona o por la menor movilidad humana resultado del confinamiento por la pandemia del virus SARS-CoV-2 que produce la enfermedad conocida como Covid-19.

La riqueza total del sitio es de 41 especies observadas que representan el 12.8% del total de la riqueza de especies registradas para la Ciudad de México (320 especies, Wilson y Ceballos-Lascuráin, 1993) y el 27.7% del total que se ha registrado dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (148 especies, Chávez y Gurrola, 2009). Aunque pareciera no ser una alta representación del total de especies registradas dentro de la REPSA, este es un sitio con una extensión de solo 1.6 ha en comparación con las 237 ha que cuenta la REPSA y además no hay cuerpos de agua y sí los hay en la reserva. Las 67 especies estimadas con el índice de Jackknife 2 y las 78 especies estimadas con el índice de Chao 2 podrían indicar el verdadero número de especies presentes en la ZIIH y comparándolos con el número de especies que se han reportado en la REPSA (148 especies, Chávez y Gurrola, 2009) vemos que aproximadamente podrían estar conviviendo en el sitio de estudio el 45.3% (67/148) del total de toda la REPSA, estos datos son muy prometedores pero es necesario hacer mayores

esfuerzos de avistamiento y mantener protegida la zona por su importancia como posible corredor biológico.

Entre las especies más abundantes que se han registrado están algunas especies introducidas como el gorrión doméstico (*Passer domesticus*), que cuenta con poblaciones ya establecidas en toda la ZIIIH (Álvarez-Romero *et al.*, 2008). Esta ave es muy exitosa y compite con las especies nativas, ocasionando disminuciones en el tamaño de sus poblaciones, por lo que representa una amenaza para la diversidad de las zonas que invaden (Álvarez-Romero *et al.*, 2008).

Otra de las especies más abundantes es *Bombycilla cedrorum*, especie migratoria que solo puede ser avistada durante pocos meses y que además por su gran belleza suele ser utilizada como mascota y ser motivo de tráfico internacional (del Coro-Arizmendi *et al.*, 1994). Para esta especie es esencial la conservación de los PR porque dan refugio temporal para alimentación y reproducción (del Coro-Arizmendi *et al.*, 1994).

Es importante mencionar que existen especies que fueron reportadas como muy abundantes dentro de la REPSA (Chávez y Gurrola, 2009) como *Cardellina pusilla*, *Molothrus aeneus*, *Spizella passerina* y *Leiothlypis ruficapilla*, y en nuestro sitio de estudio fueron raras de observar. Por lo anterior, se recomiendan mayores esfuerzos de avistamiento.

### **6.5. La comunidad de mamíferos**

Históricamente se han registrado 36 especies de mamíferos en el pedregal, pero este número se ha reducido a lo largo de los años por los cambios en los niveles de urbanización en la zona (Negrete y Soberón, 1994).

Mediante el fototrampeo y observación directa fue posible obtener registro de *Didelphis virginiana*, *Bassariscus astutus*, *Peromyscus gratus*,

*Peromyscus melanophrys* y *Otospermophilus variegatus* en lo que respecta a la fauna silvestre, así como *Felis catus* y *Sciurus aureogaster* como parte de la fauna exótica.

La presencia de estas especies exóticas como el gato doméstico no es algo nuevo o particular del sitio, pero es un enorme problema ya conocido en muchas áreas naturales (Atkinson, 1996). En muchos países los humanos suelen tener gatos como compañía o para la erradicación de roedores, sin embargo, en países como México por falta de educación de las personas estos animales reciben menores cuidados y su tenencia no es responsable, suelen estar mucho tiempo fuera del hogar y no los esterilizan, esto es el origen de poblaciones ferales (animales domésticos que se tornan silvestres) (Orduña-Villaseñor *et al.*, 2023). Los gatos que interactúan con individuos de fauna silvestre pueden ser potenciales reservorios de enfermedades, lo que puede ocasionar problemas de salud pública (Orduña-Villaseñor *et al.*, 2023). Los gatos ferales de la REPSA se han encontrado infectados por el protozooario *Toxoplasma gondii*, por dos especies de platelmintos, *Dipylidium caninum* y *Taenia taeniaeformis*, por un nematodo *Toxocara cati* y por tres especies de pulgas *Ctenocephalides felis*, *Echidnophaga gallinacea* y *Euhoplopyllus glacialis affinis* (Pacheco-Coronel, 2010).

Aunque el éxito de las especies exóticas como el gato doméstico va a depender de las características ecológicas y geografías del lugar (Pyšek y Richardson, 2010). Investigaciones de los últimos años demuestran que en todo el mundo los gatos domésticos impactan la vida silvestre de varias maneras (Trouwborst *et al.*, 2020). Que incluyen la depredación, la competencia, la perturbación, la transmisión de enfermedades y la hibridación (Trouwborst *et al.*, 2020). He incluso en cuestiones más complejas como en la población, la salud del ecosistema y las interacciones ecológicas (Loss *et al.*, 2013). Por ejemplo, en Estados Unidos, se estima que la depredación por parte de los gatos por año es de 1,3 a 4,0 mil millones de aves, 6,3 a 22,3 mil millones de mamíferos, 258 a 822 millones de reptiles y 95 a 299 millones de anfibios (Loss *et al.*, 2013). Sin embargo,

aún no hay estudios sobre el tamaño poblacional de estos animales en el sitio y sus consecuencias para la vida silvestre.

Un segundo muestreo se hizo con trampas Sherman principalmente para detectar mamíferos de talla pequeña y analizar abundancias de especies dentro del género *Peromyscus*, no obstante, es preciso ocupar otro tipo de trampa como las Pitfall para capturar otros mamíferos como la musaraña (*Sorex saussurei*) y el ratón pigmeo (*Baiomys taylori*) (CONABIO, 2022a b).

De los 11 individuos capturados solo uno fue *Peromyscus melanophrys* y diez fueron *P. gratus*, estas fueron las únicas especies capturadas mediante esta trampa, esto es un dato alentador porque son dos especies de mamíferos presentes en el pedregal (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009) y porque *P. gratus* es considerado como indicador de buena calidad ambiental en la REPSA (Garmendia-Corona, 2009).

La ausencia de capturas de especies de roedores exóticos como *Mus musculus*, *Rattus norvegicus* y *R. rattus* es una buena señal, debido a que estas tres especies son responsables de distintas enfermedades que ponen en riesgo a los humanos y a la fauna nativa del lugar, por ser hospederos de agentes etiológicos de zoonosis (virus, bacterias, protozoarios, helmintos y artrópodos; Cruz-Reyes, 2009). Cabe señalar que algunos componentes de la biodiversidad son antropogénicos, es decir, que la población humana puede influir de distintas maneras en la biodiversidad, una de ellas es la introducción de especies exóticas (Sponsel, 2013). Estas especies se introducen por medio de la acción humana a través de la introducción deliberada o no intencional desde sus zonas nativas (Pyšek y Richardson, 2010).

#### **6.6. El efecto de la baja actividad humana por Covid-19**

El 30 de enero de 2020, la OMS (Organización Mundial de la Salud) declaró emergencia de salud pública internacional a la pandemia del SARS-CoV-2 (OPS,

2020). Durante ese tiempo el mundo se vio inmerso en una serie de desafíos principalmente en lo que respecta a la salud, pero también en lo económico, en lo social y en lo ambiental (López-Feldman *et al.*, 2020). Desde un punto de vista ambiental el confinamiento tuvo un efecto inicial y temporal en la reducción de la contaminación (López-Feldman *et al.*, 2020).

Las restricciones para controlar el movimiento de personas dentro de las áreas urbanas disminuyeron la actividad en el sector del transporte, ya que se redujo drásticamente el uso de automóviles y otros vehículos automotores (López-Feldman *et al.*, 2020). Del mismo modo, el sector industrial y manufacturero sufrieron por la pandemia (Muhammad *et al.*, 2020). Estos cambios en las actividades sociales y económicas ejercieron un impacto significativo en la calidad ambiental mundial (Muhammad *et al.*, 2020). A finales de marzo de 2020, la mitad de la población mundial se encontraba bajo algún tipo de confinamiento (Tosepu *et al.*, 2020).

La NASA (National Aeronautics and Space Administration) y la ESA (European Space Agency) publicaron evidencia que sugiere que la calidad ambiental mejoró y la emisión de NO<sub>2</sub> se redujo hasta en un 30% en varios países del mundo (Muhammad *et al.*, 2020). Asimismo, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> tuvieron un descenso entre enero-junio de 2020 del 7.7% respecto al mismo período de 2019 (López y Durán, 2020). En muchas ciudades de América Latina y al igual que en el resto del mundo se experimentó una reducción de la contaminación del aire en el corto plazo (López-Feldman *et al.*, 2020).

En la Ciudad de México, específicamente en Ciudad Universitaria, se experimentó un gran cambio, dado que es una zona muy concurrida por las personas que laboran y estudian en el lugar. En marzo de 2020 la mayoría de los estudiantes y trabajadores estaban confinados en sus hogares. La baja actividad humana en Ciudad Universitaria generó menores residuos, menor poda de la vegetación silvestre, y menor contaminación auditiva y lumínica, entre otros (obs. pers.). Esta fue una gran oportunidad para observar los cambios en la

biodiversidad de nuestro sitio de estudio. En lo que respecta a los invertebrados, tanto la densidad, la riqueza y el índice de Shannon-Wiener, el cual mide la diversidad específica, fue mayor a finales de 2020 que en abril de 2019. Por otra parte, la riqueza específica y la abundancia total de aves fue mayor a finales de 2021. En general hubo mayor diversidad y abundancia al término de la pandemia. Estos resultados nos obligan a replantear la dinámica y resiliencia biológica y ecológica de los ecosistemas urbanos frente a presiones medioambientales generadas por la actividad humana (Cuevas-Reyes, 2010).

### **6.7. El valor ambiental de los pedregales remanentes de la ZIIH**

Los seres humanos hemos transformado al planeta de forma muy acelerada en los últimos años (Balvanera y Avalos, 2007), con el objetivo de satisfacer nuestras necesidades diarias de agua, alimento, fibras, combustible y materiales de construcción, entre otros (FAO, 2023). A pesar del crecimiento acelerado que ha generado la expansión de la mancha urbana y la reducción de la vegetación, en la Ciudad de México aún se cuenta con zonas importantes de área natural como la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) y sus alrededores. La Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (ZIIH) de la UNAM se encuentra rodeada por la Zona Núcleo Suroriente, la Zona de Amortiguamiento A4 y la Zona de Amortiguamiento A5 que son parte de la REPSA (Cano-Santana *et al.*, 2020; Fig. 6.2). De modo que la ZIIH funciona como un corredor importante para el paso de los animales silvestres y la dispersión de flora que a su vez genera un intercambio genético y la conservación de las especies a largo plazo (Cano-Santana *et al.*, 2020). Por el contrario, si se presentara una mayor fragmentación de los pedregales remanentes se generarían parches de vegetación cada vez más pequeños, lo que puede ocasionar una baja capacidad para mantener poblaciones sustentables, ya que se estaría alterando la heterogeneidad del sitio y la dinámica poblacional de las especies (Cano-Santana *et al.*, 2020).

Afortunadamente hay una gran diversidad en el sitio con un total de 738 especies y con una composición biológica diversa a pesar de ser un sitio relativamente pequeño y de estar rodeado de presiones antropogénicas. Entre las especies más interesantes que se encontraron está la planta *Carminatia tenuiflora*, una especie de difícil localización en la reserva, además de que dentro del género *Carminatia* solo se han descrito cinco especies (*Carminatia recondita*, *C. tenuiflora*, *C. papagayana*, *C. balsana* y *C. alvarezii*) en todo el mundo (Hinojosa-Espinosa *et al.*, 2023). En lo que respecta a las aves, *Bombycilla cedrorum* cuya abundancia fue impresionante de ver es tal vez una de las especies más hermosas que aviste, y saber que la ZIIH es un lugar de paso para aves migratorias como esta nos hace pensar en la importancia de la zona. Además, es un buen lugar para la conservación de especies clave de este ecosistema, como el tlacuache, el cacomixtle, las lagartijas del género *Sceloporus* y los ratones *Peromyscus gratus* y *P. melanophrys*. El avistamiento de estos organismos tiene un efecto positivo para otras poblaciones de organismos al desempeñar un papel como presas, depredadores y posibles dispersores de semillas (Carrasco-Salgado, 2020).

Por otro lado, es bien conocido que el ecosistema del Pedregal de San Ángel y de la ZIIH ofrece una gran cantidad de servicios ecosistémicos como el amortiguamiento del ruido, belleza estética del paisaje, reducción de contaminantes del aire, absorción de radiación, captura de CO<sub>2</sub>, refugio para la biodiversidad, amortiguamiento de cambios microclimáticos, prevención de inundaciones por la infiltración y aprovisionamiento de agua (Cano-Santana *et al.*, 2006; Nava-López *et al.*, 2009).

Recientemente nuevas investigaciones han evidenciado que el contacto con la biodiversidad está relacionado tanto con la salud física como con la salud mental (Marselle *et al.*, 2021). Por lo tanto, la degradación ambiental, incluida la pérdida de biodiversidad, parece estar relacionada con un incremento sustancial en los últimos años en la transmisión de patógenos y la incidencia de

enfermedades (Speldewinde *et al.*, 2009). De hecho, el 75% de los patógenos humanos emergentes son zoonóticos, lo que significa que tienen un origen animal (Taylor *et al.*, 2001).

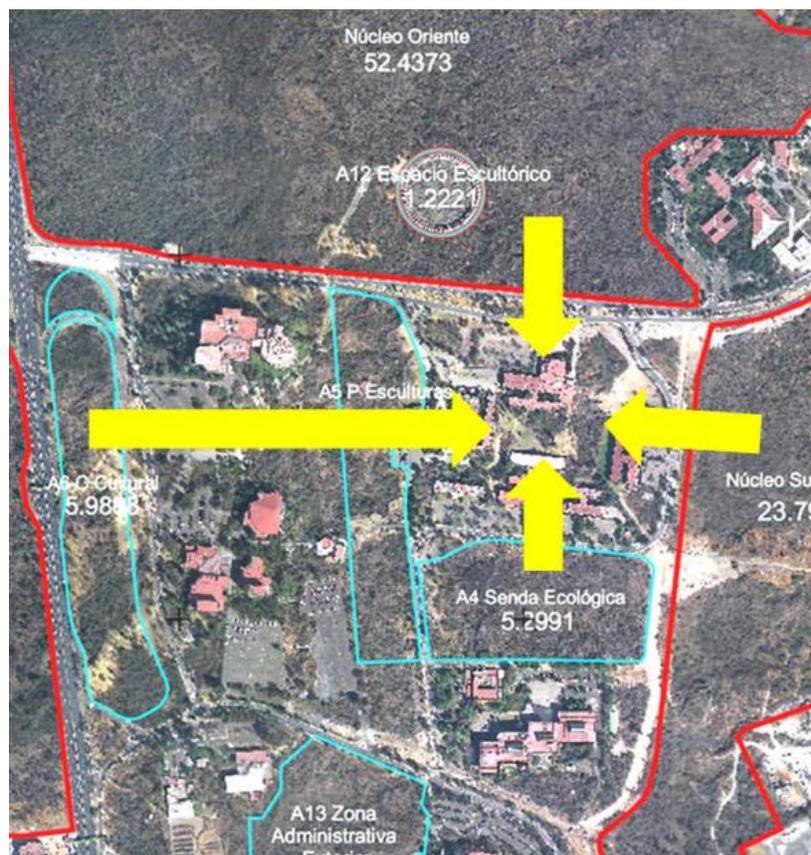
Esto se debe, entre otras causas, a la reducción de la depredación y la competencia en los reservorios huéspedes, aumentando así su densidad (Keesing *et al.*, 2010). Además, la intensificación en su aparición puede atribuirse al cambio climático y a un mayor contacto entre los humanos y la vida silvestre (Keesing *et al.*, 2010).

En otro sentido, el contacto diario con los espacios verdes puede mejorar el bienestar mental al fortalecer el apego al lugar y aumentar la interacción social (Southon *et al.*, 2018). De hecho, una mayor relación con la naturaleza puede tener beneficios mutuos, ya que los humanos pueden desarrollar un comportamiento proambiental preservando así servicios esenciales para la sociedad y para la naturaleza (Beery y Wolf-Watz, 2014). Sin embargo, no es suficiente solo la exposición a los espacios verdes, sino que se ha demostrado que la calidad, es decir, la diversidad de especies es un componente esencial e igualmente importante para la salud física y mental (Marselle *et al.*, 2021).

En términos de salud física, la exposición a los espacios verdes urbanos reduce algunas enfermedades como la obesidad, puesto que estos sitios promueven diversas actividades como el ejercicio físico y el deporte al aire libre (Schipperijn *et al.*, 2017).

En la actualidad, gran parte de los espacios verdes urbanos existentes están dominados por pastizales para crear un césped corto, lo que limita su valor de biodiversidad (Southon *et al.*, 2018). Una solución a este problema es transformar estos jardines en ecosistemas donde dominen especies nativas mejorando así la biodiversidad y la prestación de una mayor cantidad y calidad de servicios ecosistémicos (Smith *et al.*, 2015).

Por todo lo anterior es fundamental el cambio en la percepción del valor que tiene el ecosistema del Pedregal y el privilegio que tienen los universitarios de estar en contacto con él. Es urgente proteger e implementar actividades de restauración ecológica y al mismo tiempo recuperar a plenitud los servicios ecosistémicos que gozarían los miembros de la comunidad universitaria que allí laboran y estudian (Cano-Santana *et al.*, 2020). De hecho, sin los servicios ecosistémicos, la vida como la conocemos dejaría de existir (Daily *et al.*, 1997).



**Figura 6.2.** Rutas de conectividad de los pedregales remanentes de la Zona de Institutos de Investigaciones en Humanidades (flechas amarillas) con las zonas de amortiguamiento A4 (Senda Ecológica) y A6 (Centro Cultural) y las zonas núcleo Oriente y Suroriente de la REPSA. Tomado de Cano-Santana *et al.* (2020).

## VII. CONCLUSIONES

A partir de los objetivos, resultados y la discusión se formulan las siguientes conclusiones:

1. La riqueza total de los remanentes de pedregal de la ZIIH es de 738 especies (203 plantas vasculares, 484 invertebrados, tres reptiles, 41 aves y siete mamíferos), que representan aproximadamente el 52.30% del total registrado en la REPSA (1,411 especies). La alta riqueza se debe a su alta conectividad con el ecosistema resguardado de la REPSA, la alta heterogeneidad del sustrato, entre otros.
2. La familia Asteraceae es la de mayor riqueza específica de plantas dentro de la ZIIH y esto coincide no solo para la REPSA sino para México y a nivel mundial.
3. Las especies exóticas que requieren control en el sitio son el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), el bastón de San Francisco (*Leonotis nepetifolia*), el ricino (*Ricinus communis*) y la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*).
4. Se encontró a la especie exótica invasora *Polygonum nepalense* (Polygonaceae) por primera vez en la zona y no se tienen registros aún de su presencia en la REPSA.
5. La mayor densidad específica de invertebrados se observó en septiembre-octubre de 2020, que corresponde a los meses cuando el volumen total de la vegetación y el número total de especies de invertebrados que reanudan su desarrollo es mayor.
6. Hemiptera es el orden con mayor riqueza y abundancia dentro de la ZIIH como se ha reportado en investigaciones previas para la REPSA.
7. En general hubo mayor abundancia de la especie *S. torquatus* respecto a *S. grammicus* esto pudo deberse a que *S. torquatus* suele estar más presente en zonas con mayor sustrato de roca basáltica mientras que *S. grammicus* suele avistarse más en bardas y en construcciones.

8. Aunque no hay evidencia de competencia entre *S. grammicus* y *S. torquatus*, de acuerdo a sus abundancias en el sitio, la presencia de *S. torquatus* puede afectar negativamente la presencia de *S. grammicus* en temporada de secas cálidas.
9. Se observaron 41 especies de aves en nuestro sitio de estudio que corresponden al 12.8% del total de la riqueza de especies registradas para la Ciudad de México (320 especies) y el 27.7% del total que se ha registrado dentro de la REPSA (148 especies).
10. Se capturaron con trampas Sherman dos especies de ratones que son endémicos de México, *P. gratus* y *P. melanophrys*, y no hubo captura de roedores exóticos. El 91% de las capturas de roedores fueron de *P. gratus*, la cual está considerada como una especie indicadora de la calidad y buena salud del sitio.
11. Se observó la presencia del gato doméstico, que es uno de los depredadores más importantes a nivel mundial, responsable de la desaparición de muchas especies, por lo que su presencia en los PR puede generar el descenso en las tasas poblacionales de especies nativas.

## **Recomendaciones**

Es de gran importancia en el mundo la conservación y preservación de pequeños relictos de ecosistemas naturales como lo son los remanentes del pedregal de la ZIIH de la UNAM, ya que este relikto aún conserva un tipo de vegetación único como el matorral xerófilo de "palo loco", el cual está inmerso en una megalópolis como la Ciudad de México. Además, funciona como corredor biológico para todo tipo de organismos, tan solo en la zona de estudio se observaron 738 especies, un número alto si se considera el número de hectáreas del sitio (1.67 ha). También tiene un gran valor por los servicios ecosistémicos que prestan a las personas que laboran dentro de Ciudad Universitaria y todos los habitantes de la Ciudad de México. Existen algunos casos dentro de la Universidad en donde se observa que la protección incluso de

remanentes de pedregal muy pequeños se preserva una gran cantidad de especies nativas. Es por todo esto que se recomienda la protección absoluta de todos los pedregales de la ZIIH. Además, es esencial dar el seguimiento correspondiente una vez terminada esta tesis, y se espera la elaboración de una encuesta de percepción de las personas que laboran en los institutos.

Para el manejo de los pedregales remanentes se recomienda: el retiro de especies exóticas de flora y fauna, jornadas de limpieza, crear pasos de fauna, combate de incendios, evitar la construcción de nuevas edificaciones para prevenir la pérdida de hábitat natural, capacitar y asesorar a las personas que laboran en la zona sobre la importancia de preservar este ecosistema, entre otros (Gil-Alarcón *et al.*, 2022).

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Romero, J. G., Medellín, R. A., Oliveras de Ita, A., Gómez de Silva, H. y Sánchez, O. 2008. *Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad*. CONABIO/UNAM/SEMARNAT. México, D. F.
- Atkinson, I. A. E. 1996. Introductions of wildlife as a cause of species extinctions. *Wildlife Biology*, 2 (3): 135-141.
- Autin, W. J. y Holbrook, J. M. 2012. Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop Culture? *Geological Society of America*, 22 (7): 60-61.
- Balée, W. 2006. The research program of historical ecology. *Annual Review of Anthropology*, 35 (1): 75-98.
- Balvanera, P. y Avalos, H. C. 2007. Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas. *Gaceta ecológica*, 84: 117-122.
- Beery, T. H. y Wolf-Watz, D. 2014. Nature to place: Rethinking the environmental connectedness perspective. *Journal of Environmental Psychology*, 40: 198-205.
- Bremer, K. 1994. *Asteraceae: cladistics and classification*. Timber Press, Portland, Oregon.
- Callicott, J. B. 1994. *Earth's insights: a multicultural survey of ecological ethics from the Mediterranean Basin to the Australian Outback*. University of California Press, Los Ángeles, California.
- Cano-Santana, Z. 1994a. La Reserva del Pedregal como ecosistema. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*. UNAM. México, D. F.
- Cano-Santana, Z. 1994b. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta en una comunidad xerófila. Tesis doctoral. Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado, Colegio de Ciencias y Humanidades y Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Cano-Santana, Z., Castellanos, I., Glebskiy, Y., Bonilla, M., Morelos, J., Jasso, F. J., Argüelles, A., Figueroa, M., Juárez, L. E., Flores, I., Hernández, M., Trejo, A. y Quintero-Ortiz, A. E. 2020. Diversidad biológica, valor ambiental y estado de conservación de los pedregales remanentes de la Zona de Institutos de Investigación en Humanidades de la UNAM, Ciudad Universitaria. Informe

técnico preliminar entregado a la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Cano-Santana, Z. y Meave, J. A. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. *Ciencias*, 41: 58-68.

Cano-Santana, Z., Pisanty, I., Segura, S., Mendoza-Hernández, P. E., León-Rico, R., Soberón, J., Tovar, E., Martínez-Romero, E., Ruiz L. C. y Martínez-Ballesté, A. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. En: Oyama, K. y Castillo A. (coords.). *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México*. UNAM y Siglo XXI Editores, México, D.F.

Carrasco-Salgado, Y. A. 2020. Ecología de *Sceloporus torquatus* (Phrynosomatidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México, México: variación espacio-temporal. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México, México.

Castellanos-Morales, G. 2006. "Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano. El Cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en la reserva ecológica "El Pedregal de San Ángel". Ciudad Universitaria. México, D. F." Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México, México.

Castellanos-Vargas, I. y Cano-Santana, Z. 2009. Historia natural y ecología de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. UNAM. México, D. F.

Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y., Meave, J., Hernández-Apolinar, M. Núñez-Castillo, O., Santibáñez-Andrade, G. y Guadarrama-Chávez, P. 2009. Flora: susceptibilidad de la comunidad a la invasión de malezas nativas y exóticas. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. UNAM. México, D. F.

Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y., Nava-López, M. y Almeida-Leñero, L. 2016. El matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus servicios ecosistémicos. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. III. CONABIO/SEDEMA, México, 50-69.

- Castillo-Argüero, S., Montes-Cartas, G., Romero-Romero, M. A., Martínez-Orea, Y., Guadarrama-Chávez, P., Sánchez-Gallén, I., y Núñez-Castillo, O. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D. F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 74: 51-75.
- Céspedes, L., Ortiz, E. y Villaseñor, J. L. 2018. La familia Asteraceae en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89 (1): 193-207.
- Chávez, C. N. y Gurrola, H. A. 2009. Avifauna. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. UNAM. México, D. F.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2009. Malezas de México: *Polygonum nepalense*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/polygonaceae/polygonum-nepalense/fichas/ficha.htm>>, consultado el 18 de noviembre de 2023.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2022a. Enciclovida: Ratón-pigmeo norteño (*Baiomys taylori*). En: <<https://enciclovida.mx/especies/34737>>, consultado el 31 de febrero de 2021.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2022b. Enciclovida: Musaraña de Saussure (*Sorex saussurei*). En: <<https://enciclovida.mx/especies/34649>>, consultado el 31 de febrero de 2021.
- Crutzen, P. J. 2002. Geology of mankind. *Nature*, 415 (6867): 23.
- Cruz-Reyes, A. 2009. Fauna feral, fauna nociva y zoonosis. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. UNAM. México, D. F.
- Cuevas-Reyes, P. 2010. Importancia de la resiliencia biológica como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas: implicaciones en los planes de manejo y conservación de la biodiversidad. *Biológicas*, 12 (1): 1-7.
- Daily, G. C., Alexander, S., Ehrlich, P. R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P. A., Mooney, H. A., Postel, S., Schneider, S. H., Tilman, D. y Woodwell, G. M. 1997.

Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, 2: 1-16.

Del Coro-Arizmendi, M. C., Espinosa de los Monteros, A. y Ornelas, J. F. 1994. Las aves del Pedregal de San Ángel. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*. UNAM. México, D. F.

Díaz, S., Fargione, J., Chapin III, F. S. y Tilman, D. 2006. Biodiversity loss threatens human well-being. *PloS Biology*, 4 (8): e277.

Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. y Collen, B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345 (6195): 401-406.

Durán, C. G., Montiel, G., Valdez, A., Villegas, G., Paredes, R. y Pérez, T. M. 2016. Arácnidos (Arachnida). En: *Biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. 2. CONABIO/SEDEMA, México, 229-238.

Escalante-Espinosa, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: ciencia y cultura*, 52: 53-56.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2023. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. En: <<https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>>, consultado el 27 de abril de 2023.

Garmendia-Corona, A. 2009. Distribución y abundancia de roedores en Ciudad Universitaria, D.F., con énfasis en *Peromyscus gratus* (Muridae). *Tesis de Licenciatura (Biología)*, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Gates, C. E., Valverde, R. A., Mo, C. L., Chaves, A. C., Ballesteros, J. y Peskin, J. 1996. Estimating arribada size using a modified instantaneous count procedure. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 1 (3): 275-287.

Gil-Alarcón, G., Arenas, P., Cram, S. y Pérez-Escobedo, H. M. 2022. Programa Atención a los factores de presión. Plan de manejo adaptativo de la REPSA CU, UNAM. Secretaría Ejecutiva de la REPSA, UNAM. CDMX, México

Guevara, S. y Laborde, J. 2008. The landscape approach: designing new reserves for protection of biological and cultural diversity in Latin America. *Environmental Ethics*, 30 (3): 251-262.

- Gullan, P. J. y Cranston, P. S. 1994. *The insects: And Outline of Entomology*. Chapman and Hall, Londres.
- Hinojosa-Espinosa, O., Potter, D. y Villaseñor, J. L. 2023. Systematics of the Plumeweeds: The Genus *Carminatia* (Eupatorieae, Asteraceae). *Systematic Botany*, 48 (1): 15-33.
- Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J. y Wardle, D. A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75 (1): 3-35.
- Hortelano-Moncada, Y., Cervantes, F. y Trejo-Ortiz, A. 2009. Mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80 (2): 507-520.
- INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2019. Biodiversidad. En: <<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/574/cap3.pdf>>, consultado el 4 de octubre de 2019.
- Kang, P., Chen, W., Hou, Y. y Li, Y. 2019. Spatial-temporal risk assessment of urbanization impacts on ecosystem services based on pressure-status-response framework. *Scientific Reports*, 9: 16806.
- Keesing, F., Belden, L. K., Daszak, P., Dobson, A., Harvell, C. D., Holt, R. D., Hudson, P., Jolles, A., Jones, K. E., Mitchell, C. E., Myers, S. S., Bogich, T., y Ostfeld, R. S. 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, 468 (7324): 647-652.
- Kwiatkowska, T. 2012. Aldo Leopold y la ética de la Tierra. *Euphyía*, 6 (11): 47-64.
- Landa, R., Carabias, J., y Meave, J. 1997. Deterioro ambiental, una propuesta conceptual para zonas rurales de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 1(2): 203-223.
- Liner, E. A. 2007. A checklist of amphibians and reptiles of México. *Occasional papers of the Museum of Natural Science*, Louisiana State University, 80: 1-59.
- López, A. y Durán, G. 2020. Covid-19 y medio ambiente: alcance y escenarios futuros. *Economistas Colegio de Madrid*, 170: 82.

- López-Feldman, A., Chávez, C., Vélez, M. A., Bejarano, H., Chimeli, A. B., Féres, J., Robalino, J., Salcedo, R. y Viteri, C. 2020. COVID-19: impactos en el medio ambiente y en el cumplimiento de los ODS en América Latina. *Desarrollo y Sociedad*, 86: 104-132.
- Loss, S. R., Will, T. y Marra, P. P. 2013. The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature communications*, 4(1): 1-8.
- Lot, A. 2008. La importancia de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. En: SEREPSA. *Manual de procedimientos del Programa de Adopción de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (PROREPSA)*. UNAM, México, 14-18.
- Lot, A. y Camarena, P. 2009. El Pedregal de San Ángel de la Ciudad de México: Reserva Ecológica Urbana de la Universidad Nacional. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z (comps.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. UNAM, México, 19-25.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. EUA.
- Marselle, M. R., Hartig, T., Cox, D. T., De Bell, S., Knapp, S., Lindley, S., Triguero-Mas M., Böhning-Gaese, K., Braubach, M., Cook, P. A., De Vries, S., Heintz-Buschart, A., Hofmann, M., Irvine, K. N., Kabisch, N., Kolek, F., Kraemer, R., Markevych, I., Martens, D., Müller, R. y Bonn, A. 2021. Pathways linking biodiversity to human health: A conceptual framework. *Environment International*, 150: 106420.
- Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. E. y Álvarez, F. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (1): 1-9.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment. 2003. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Island Press, Washington, D.C. En: <[http://pdf.wri.org/ecosystems\\_human\\_wellbeing.pdf](http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf)>, consultado el 24 de septiembre de 2019.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C. En: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>, consultado el 24 de septiembre de 2019.

- Méndez-de la Cruz, F., Díaz, A. y Jiménez, V. 2009. Herpetofauna. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z (comps.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. UNAM, México, 243-260.
- Mendoza-Marroquín, J. I. 2016. Las tarántulas endémicas: problemática y conservación. En: *Biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. 2. CONABIO/SEDEMA, México, 245-248.
- Muhammad, S., Long, X. y Salman, M. 2020. COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Science of the total environment*, 728: 138820.
- Naeem, S., Chapin III, C. F. S., Costanza, R., Ehrlich, P. R., Golley, F. B., Hooper, D. U., Lawton, J. H., O'Neill, R. V., Mooney, H. A., Sala, O. E., Symstad, A. J. y Tilman, D. 1999. Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes. *Issues in Ecology*, 4: 1-13.
- Naiman, R. J., Décamps, H. y McClain, M. E. 2005. *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*. Elsevier Academic Press, Londres.
- Nava-López, M., Jujnovsky, J., Salinas-Galicia, R., Álvarez-Sánchez, J. y Almeida-Leñero, L. 2009. Servicios ecosistémicos. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. UNAM, México, 51-60.
- Negrete, Y. A. y Soberón, J. 1994. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica El Pedregal. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*. UNAM, México, 219-228.
- Núñez, I., González-Gaudiano, E. y Barahona, A. 2003. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia*, 28 (7): 387-393.
- OPS, Organización Panamericana de la Salud. 2020. La OMS declara que el nuevo brote de coronavirus es una emergencia de salud pública de importancia internacional. En: <<https://www.paho.org/es/noticias/30-1-2020-oms-declara-que-nuevo-brote-coronavirus-es-emergencia-salud-publica-importancia>>, consultado el 20 de abril de 2023.
- Orduña-Villaseñor, M., Valenzuela-Galván, D. y Schondube, J. E. 2023. Tus mejores amigos pueden ser tus peores enemigos: impactos de los gatos y perros domésticos en países megadiversos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94: 1-25.

- Orr, D. W. 1999. Education, careers, and callings: the practice of conservation biology. *Conservation Biology*, 13 (6): 1242-1245.
- Ortega-Álvarez, R. y MacGregor-Fors, I. 2009. Living in the big city: effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and Urban Planning*, 90 (3-4): 189-195.
- Pacheco-Coronel, N. 2010. *Estudio piloto de la frecuencia de parásitos en mamíferos ferales y silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de la UNAM*. Tesis de Maestría, UNAM, México.
- Palacio Prieto, J. L. y Guilbaud, M. N. 2015. Patrimonio natural de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y áreas cercanas: sitios de interés geológico y geomorfológico al sur de la Cuenca de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67 (2): 227-244.
- Pérez-Escobedo, H. M. 2013. Antecedentes Pedregal. Plan de manejo adaptativo de la REPSA CU, UNAM. Secretaría Ejecutiva de la REPSA, UNAM. CDMX, México.
- Pérez-Escobedo, H. M., Hernández-Valdés, A. y Cram, S. 2022. Caracterización socioecológica. Plan de manejo adaptativo de la REPSA CU, UNAM. Secretaría Ejecutiva de la REPSA, UNAM. CDMX, México.
- Primack, R. B. 1998. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Primack, R. B. y Ros, J. 2002. *Introducción a la biología de la conservación*. Ariel Ciencia, Barcelona.
- Pyšek, P. y Richardson, D. M. 2010. Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual review of environment and resources*, 35: 25-55.
- Rees, W. y Wackernagel, M. 1996. Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—and why they are a key to sustainability. *Urban Ecology*, 16: 223-248.
- Rendón Aguilar, B., Bernal Ramírez, L. A., Arias-Montes, Á. S., Jiménez-Sierra, C. L., Ballesteros-Barrera, C., Ortega-Jiménez, S. y Bravo-Avilez, D. 2022. Aspectos florísticos, ecológicos y etnobotánicos de *Mammillaria deherdtiana* subsp. *dodsonii* (Cactaceae), una planta endémica y amenazada. *Acta botánica mexicana*, 129.

- Ríos-Casanova, L. 1993. *Análisis espacial y temporal de la comunidad de artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel, D. F. México. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, México.*
- Rivas, V., Cendrero, A., Hurtado, M., Cabral, M., Giménez, J., Forte, L., del Río, L., Cantú, M. y Becker, A. 2006. Geomorphic consequences of urban development and mining activities; an analysis of study areas in Spain and Argentina. *Geomorphology*, 73 (3-4): 185-206.
- Rojo, A. y Rodríguez, J. 2002. *La Flora del Pedregal de San Ángel*. INE-SEMARNAT, México, D. F.
- Robles, A. 1994. Geografía cultural e histórica del Pedregal. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*. UNAM. México, D. F.
- Rueda-Salazar, A. y Cano-Santana, Z. 2009. Antropodofauna. En: Lot, A. y Cano-Santana, Z. (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. UNAM, México, 171-201.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel, D.F. México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional de México*, 8: 59-129.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, G. 1979. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. 1 CECSA. México, D. F.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, G. 2001. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología, A. C., Pátzcuaro, Michoacán.
- Sánchez-Herrera, O. 1980. Herpetofauna of the Pedregal de San Ángel. *Bulletin of Maryland Herpetological Society*, 16 (1): 9-18.
- Sarkar, S. 2002. Defining "biodiversity"; assessing biodiversity. *The Monist*, 85 (1): 131-155.
- Savard, J. P. L., Clergeau, P. y Mennechez, G. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning*, 48 (3-4): 131-142.
- Schipperijn, J., Cerin, E., Adams, M. A., Reis, R., Smith, G., Cain, K., Christiansen, L. B., Dyck, D. V., Gidlow, C., Frank, L. D., Mitás, J., Pratt, M., Salvo, D., Schofield, G. y Sallis, J. F. 2017. Access to parks and physical activity: An eight-country comparison. *Urban forestry and urban greening*, 27: 253-263.

- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- SEREPSA. Secretaria Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. 2020. Manejo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. En: <[http://www.repsa.unam.mx/documentos/REPSA\\_Informe-2020.pdf](http://www.repsa.unam.mx/documentos/REPSA_Informe-2020.pdf)>, consultado el 10 de noviembre de 2023.
- Shannon, C. E. y Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University Illinois Press, Urbana, IL.
- Smith, L. S., Broyles, M. E., Larzleer, H. K. y Fellowes, M. D. 2015. Adding ecological value to the urban lawnscapes. Insect abundance and diversity in grass-free lawns. *Biodiversity and conservation*, 24: 47-62.
- Soto-Trejo, F., Palomino, G. y Villaseñor, J. L. 2011. Números cromosómicos de Asteraceae de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), México, Distrito Federal. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82 (2): 383-393.
- Southon, G. E., Jorgensen, A., Dunnett, N., Hoyle, H. y Evans, K. L. 2018. Perceived species-richness in urban green spaces: Cues, accuracy and well-being impacts. *Landscape and Urban Planning*, 172: 1-10.
- Speldewinde, P. C., Cook, A., Davies, P. y Weinstein, P. 2009. A relationship between environmental degradation and mental health in rural Western Australia. *Health and place*, 15 (3): 880-887.
- Sponsel, L. E. 2013. Human impact on biodiversity, overview. *Encyclopedia of biodiversity*, 137-152.
- Tanaka, L. K. y Tanaka, S. K. 1982. Rainfall and seasonal changes in arthropod abundance on a tropical oceanic island. *Biotropica*, 14 (2): 114-123.
- Taylor, L. H., Latham, S. M. y Woolhouse, M. E. 2001. Risk factors for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 356 (1411): 983-989.
- Tosepu, R., Gunawan, J., Effendy, D. S., Lestari, H., Bahar, H. y Asfian, P. 2020. Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Science of the total environment*, 725: 138436.

- Tovar-Flores, D. 2017. *Interacción entre dos especies de lagartijas vivíparas (Sceloporus grammicus y S. torquatus) en términos de ocupación de hábitat en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México.*
- Trischler, H. 2017. El Antropoceno, ¿un concepto geológico o cultural, o ambos? *Desacatos*, 54: 40-57.
- Trouwborst, A., McCormack, P. C. y Martínez-Camacho, E. 2020. Domestic cats and their impacts on biodiversity: A blind spot in the application of nature conservation law. *People and Nature*, 2 (1): 235-250.
- Uribe-Peña, Z., Ramírez-Bautista, A. y Casas-Andreu, G. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. *Cuadernos 32*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Vasconcellos, A., Andreatze, R., Almeida, A., Araujo, H., Oliveira, E. y Oliveira, U. 2010. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54 (3): 471-476.
- Vázquez-Díaz, J. y Quintero-Díaz, G. 2005. Anfibios y reptiles de Aguascalientes. CONABIO, México.
- Vibrans, H. y Hanan-Alipi, A. M. 2008. Notas sobre neófitas 4. *Polygonum nepalense* (Polygonaceae), una planta invasora nueva para México. *Acta Botánica Mexicana*, 82: 1-6.
- Villanueva, J., Ranfla, A. y Quintanilla, A. 2013. Isla de calor urbana: modelación dinámica y evaluación de medidas de mitigación en ciudades de clima árido extremo. *Información Tecnológica*, 24 (1): 15-24.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87 (3): 559- 902.
- Whittaker, R. J., Willis, K. J. y Field, R. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, 28 (4): 453-470.
- Wilson, E. O. 1988. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D. C.
- Wilson, R. G. y Ceballos-Lascuráin, H. 1993. *The birds of Mexico City*. British Broadcasting Corporation Printing and Graphics Ltd., Burlington, Ontario.

- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19: 1-18.
- Wolda, H. y Broadhead, E. 1985. Seasonality of Psocoptera in two tropical forests in Panama. *Journal of Animal Ecology*, 54 (2): 519-530.
- Zhang, H. y Xu, E. 2017. An evaluation of the ecological and environmental security on China's terrestrial ecosystems. *Scientific Reports*, 7 (811): 1-12.

## APÉNDICE I

Lista de especies de plantas vasculares registradas en los 18 PR de la ZIIH, Ciudad Universitaria. Tipo de especie: E: exótica, N: nativa.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Acanthaceae	<i>Acanthus mollis</i>	E	X	X
Acanthaceae	<i>Dicliptera peduncularis</i>	N	X	X
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	N	X	X
Amaranthaceae	<i>Iresine calea</i>	N		X
Amaranthaceae	<i>Iresine cassiniiformes</i>	N	X	X
Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i>	N	X	
Amaryllidaceae	<i>Sprekelia formosissima</i>	N		X
Amaryllidaceae	<i>Zephyranthes concolor</i>	N	X	X
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	E	X	X
Apiaceae	<i>Cyclospermum leptophyllum</i>	N		X
Apiaceae	<i>Prionosciadium thapsoides</i>	N	X	
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	E	X	X
Asclepiadaceae	<i>Funastrum elegans</i>	N	X	
Asclepiadaceae	<i>Metastelma angustifolium</i>	N	X	X
Asparagaceae	<i>Agave americana</i>	N	X	X
Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i>	N	X	X
Asparagaceae	<i>Echeandia flavescens</i>	N	X	
Asparagaceae	<i>Manfreda scabra</i>	N	X	X

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Asparagaceae	<i>Milla biflora</i>	N	X	
Asteraceae	<i>Acmella repens</i>	N		X
Asteraceae	<i>Ambrosia psilostachya</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	N	X	
Asteraceae	<i>Baccharis sordescens</i>	N		X
Asteraceae	<i>Bidens bigelovii</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Bidens ostruthioides</i>	N		X
Asteraceae	<i>Brickellia veronicifolia</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Carminatia tenuiflora</i>	N		X
Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i>	N	X	
Asteraceae	<i>Conyza sophiifolia</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Dahlia coccinea</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Dyssodia papposa</i>	N	X	
Asteraceae	<i>Eupatorium petiolare</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Florestina pedata</i>	N	X	
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Gnaphalium chartaceum</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Montanoa tomentosa</i>	N	X	X

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Asteraceae	<i>Picris echioides</i>	E		X
Asteraceae	<i>Pittocaulon praecox</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Senecio inaequidens</i>	E	X	X
Asteraceae	<i>Simsia amplexicaulis</i>	N		X
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	E	X	X
Asteraceae	<i>Sonchus asper</i>	E		X
Asteraceae	<i>Stevia organoides</i>	N		X
Asteraceae	<i>Tagetes lunulata</i>	N	X	X
Asteraceae	<i>Tithonia tubiformis</i>	N		X
Asteraceae	<i>Verbesina virgata</i>	N	X	X
Basellaceae	<i>Anredera cordifolia</i>	E	X	X
Begoniaceae	<i>Begonia gracilis</i>	N	X	
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	N	X	X
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	E	X	X
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	N	X	
Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	E	X	
Brassicaceae	<i>Cardamine flaccida</i>	N		X
Brassicaceae	<i>Cardamine hirsuta</i>	E	X	
Brassicaceae	<i>Coronopus didymum</i>	E	X	

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Brassicaceae	<i>Eruca sativa</i>	E	X	
Brassicaceae	<i>Lepidium virginicum</i>	N	X	X
Brassicaceae	<i>Sisymbrium officinale</i>	E		X
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	N	X	X
Buddlejaceae	<i>Buddleja parviflora</i>	N	X	
Buddlejaceae	<i>Buddleja cordata</i>	N	X	X
Burseraceae	<i>Bursera cuneata</i>	N	X	X
Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i>	E		X
Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i>	N	X	X
Cactaceae	<i>Opuntia imbricata</i>	N	X	X
Cactaceae	<i>Opuntia lasiacantha</i>	N	X	X
Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i>	N	X	X
Cactaceae	<i>Pachycereus marginatus</i>	N	X	X
Caprifoliaceae	<i>Abelia x grandiflora</i>	E	X	
Caryophyllaceae	<i>Anagallis arvensis</i>	E		X
Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum</i>	E		X
Caryophyllaceae	<i>Drymaria laxiflora</i>	N	X	X
Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i>	N	X	
Caryophyllaceae	<i>Polycarpon tetraphyllum</i>	E		X

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium graveolens</i>	N	X	
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium murale</i>	E		X
Commelinaceae	<i>Commelina coelestis</i>	N	X	X
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	N	X	
Commelinaceae	<i>Commelina leiocarpa</i>	N	X	
Commelinaceae	<i>Tinantia erecta</i>	N	X	X
Commelinaceae	<i>Tripogandra purpurascens</i>	N	X	X
Convolvulaceae	<i>Cuscuta corymbosa</i>	N	X	X
Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	N		X
Convolvulaceae	<i>Evolvus alsinoides</i>	N	X	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea trifida</i>	N	X	X
Crassulaceae	<i>Echeveria gibbiflora</i>	N	X	X
Cucurbitaceae	<i>Sicyos deppei</i>	N	X	
Cyperaceae	<i>Cyperus aggregatus</i>	N	X	
Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i>	N	X	
Cystopteridaceae	<i>Cystopteris fragilis</i>	N		X
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea galoettiana</i>	N	X	X
Euphorbiaceae	<i>Acalypha mexicana</i>	N	X	X
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i>	N		X

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia mili</i>	E	X	X
Euphorbiaceae	<i>Mercurialis annua</i>	E		X
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	E	X	X
Fabaceae	<i>Acacia retinoides</i>	E		X
Fabaceae	<i>Crotalaria pumila</i>	N		X
Fabaceae	<i>Dalea foliolosa</i>	N		X
Fabaceae	<i>Desmodium grahamii</i>	N	X	X
Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	N	X	X
Fabaceae	<i>Lupinus campestris</i>	N	X	
Fabaceae	<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	N	X	
Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	E	X	X
Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i>	E	X	X
Fabaceae	<i>Melilotus indica</i>	E		X
Fabaceae	<i>Phaseolus leptostachyus</i>	N	X	X
Fabaceae	<i>Pisum sativum</i>	E		X
Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	N	X	
Geraniaceae	<i>Erodium circuitarium</i>	E	X	
Geraniaceae	<i>Erodium moschatum</i>	E	X	
Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i>	N	X	

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Hydrophyllaceae	<i>Wigandia urens</i>	N	X	X
Iridaceae	<i>Sisyrinchium cernuum</i>	N	X	X
Iridaceae	<i>Tigridia pavonia</i>	N	X	
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	E	X	X
Lamiaceae	<i>Salvia mexicana</i>	N		X
Lamiaceae	<i>Salvia tiliifolia</i>	N		X
Lamiaceae	<i>Stachys agraria</i>	N	X	
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	E	X	X
Loranthaceae	<i>Cladocolea loniceroides</i>	N	X	X
Lythraceae	<i>Cuphea aequipetala</i>	N	X	
Lythraceae	<i>Cuphea wrightii</i>	N		X
Malpighiaceae	<i>Gaudichaudia cynanchoides</i>	N	X	X
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i>	N	X	X
Malvaceae	<i>Fuertesimalva limensis</i>	N	X	X
Malvaceae	<i>Kearnemalvastrum lacteum</i>	N		X
Malvaceae	<i>Sida rhombiifolia</i>	N	X	X
Malvaceae	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>	N		X
Myrtaceae	<i>Callistemon citrinus</i>	E	X	X
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	E	X	X

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis jalapa</i>	N	X	X
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i>	E	X	X
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	E	X	X
Onagraceae	<i>Lopezia racemosa</i>	N		X
Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i>	N	X	X
Orchidaceae	<i>Habenaria novemfida</i>	N	X	
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	N	X	X
Oxalidaceae	<i>Oxalis tetraphylla</i>	N	X	
Passifloraceae	<i>Passiflora subpeltata</i>	N	X	X
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i>	N	X	X
Pinaceae	<i>Pinus patula</i>	N	X	X
Piperaceae	<i>Peperomia campylotropa</i>	N	X	
Pittosporaceae	<i>Pittosporum tobira</i>	E	X	X
Plumbaginaceae	<i>Plumbago pulchella</i>	N	X	X
Poaceae	<i>Bromus carinatus</i>	N	X	X
Poaceae	<i>Cenchrus clandestinus</i>	E	X	X
Poaceae	<i>Chloris pycnothrix</i>	E	X	
Poaceae	<i>Digitaria velutina</i>	E	X	X
Poaceae	<i>Digitaria ternata</i>	E	X	

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Poaceae	<i>Eleusine multiflora</i>	E		X
Poaceae	<i>Eragrostis mexicana</i>	N	X	X
Poaceae	<i>Eragrostis tenuifolia</i>	E	X	X
Poaceae	<i>Melinis repens</i>	E	X	X
Poaceae	<i>Muhlenbergia robusta</i>	N	X	X
Poaceae	<i>Oplismenus burmannii</i>	N	X	X
Poaceae	<i>Paspalum tenellum</i>	N	X	
Poaceae	<i>Pennisetum villosum</i>	E	X	
Poaceae	<i>Setaria grisebachii</i>	N	X	
Poaceae	<i>Setaria parviflora</i>	N		X
Poaceae	<i>Sporobolus indicus</i>	N	X	X
Polygonaceae	<i>Persicaria capitata</i>	E	X	X
Polygonaceae	<i>Polygonum nepalense</i>	E	X	X
Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i>	E	X	
Polypodiaceae	<i>Phlebodium areolatum</i>	N	X	X
Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i>	N	X	X
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i>	N	X	
Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i>	N	X	
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i>	E	X	X

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i>	N	X	
Pteridaceae	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	N	X	X
Pteridaceae	<i>Cheilanthes kaulfussii</i>	N	X	
Pteridaceae	<i>Cheilanthes myriophylla</i>	N	X	X
Pteridaceae	<i>Myriopteris aurea</i>	N	X	X
Pteridaceae	<i>Pellaea cordifolia</i>	N	X	
Pteridaceae	<i>Pellaea ternifolia</i>	N	X	
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i>	E	X	X
Rosaceae	<i>Potentilla indica</i>	E	X	
Rosaceae	<i>Rubus liebmannii</i>	N	X	X
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	N	X	X
Rubiaceae	<i>Galium uncinulatum</i>	N		X
Rubiaceae	<i>Sherardia arvensis</i>	E		X
Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	N	X	X
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	N	X	X
Scrophulariaceae	<i>Cymbalaria muralis</i>	E		X
Scrophulariaceae	<i>Verbascum virgatum</i>	E		X
Scrophulariaceae	<i>Veronica persica</i>	E		X
Selaginellaceae	<i>Selaginella lepidophylla</i>	N	X	

Apéndice I (Continúa).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de especie</b>	<b>Lluvias</b>	<b>Secas</b>
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	N	X	
Solanaceae	<i>Jaltomata procumbens</i>	N	X	
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	E	X	X
Solanaceae	<i>Physalis chenopodifolia</i>	N	X	X
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i>	N	X	X
Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i>	N	X	
Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i>	N	X	
Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i>	N	X	
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum majus</i>	E	X	
Urticaceae	<i>Parietaria pensylvanica</i>	N	X	
Valerianaceae	<i>Valeriana sorbifolia</i>	N		X
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	N	X	X
Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i>	N	X	X
Vitaceae	<i>Cissus sicyoides</i>	N	X	X

## APÉNDICE II

Número de ejemplares de invertebrados epífitos colectados en la ZIIH. El número total de ejemplares fue de 251 en abril de 2019, 1, 046 en sep.-oct. de 2020 y 579 en nov.-dic. de 2020.

<b>Orden</b>	<b>Abril 2019</b>	<b>Sep.-Oct. 2020</b>	<b>Nov.-Dic. 2020</b>
<b>Hemiptera</b>	105	572	238
<b>Diptera</b>	41	157	115
<b>Hymenoptera</b>	29	98	73
<b>Coleoptera</b>	38	36	17
<b>Acari</b>	2	73	37
<b>Araneae</b>	19	29	33
<b>Thysanoptera</b>	4	40	53
<b>Neuroptera</b>	4	2	1
<b>Collembola</b>	1	15	1
<b>Orthoptera</b>	1	20	2
<b>Lepidoptera</b>	0	2	2
<b>Psocoptera</b>	7	1	7
<b>Geophilomorpha</b>	0	1	0
<b>Total</b>	<b>251</b>	<b>1, 046</b>	<b>579</b>

### APÉNDICE III

Riqueza morfoespecífica de cada orden de invertebrados epífitos encontrados en la ZIIH. Dando un total de 465 morfoespecies identificadas.

<b>Orden</b>	<b>Riqueza morfoespecífica</b>
<b>Hemiptera</b>	132
<b>Hymenoptera</b>	131
<b>Diptera</b>	65
<b>Araneae</b>	46
<b>Coleoptera</b>	34
<b>Thysanoptera</b>	24
<b>Acari</b>	9
<b>Collembola</b>	8
<b>Psocoptera</b>	5
<b>Lepidoptera</b>	4
<b>Neuroptera</b>	3
<b>Orthoptera</b>	3
<b>Geophilomorpha</b>	1
<b>Total</b>	<b>465</b>

## APÉNDICE IV

Número de avistamientos por especie de ave en la ZIIH entre mayo-junio de 2019 (N=354), febrero-marzo de 2021 (N=293), abril-mayo de 2021 (N=396) y junio-julio de 2021 (N=525). Los datos sobre la residencia y la abundancia de cada especie dentro de la REPSA se obtuvieron del trabajo de Chávez y Gurrola (2009). Se observó un carpintero mexicano (*Picoides scalaris*) en octubre de 2020, el cual es residente y común. No id. (no identificado).

Especie	Nombre común	Número de avistamientos				R= residente, Rv= residentes de verano, Ri= residente introducido o exótico, Mvi= migratorio visitante de invierno.	A= abundante, Ma= muy abundante, C=comunes, R=rara.
		Mayo-junio 2019	Febrero-marzo 2021	Abril-mayo 2021	Junio-julio 2021		
<i>Aimophila ruficeps</i>	Zacatonero corona canela	0	0	0	2	R	A
<i>Amazilia beryllina</i>	Colibrí berilo	1	0	4	4	R	A
<i>Basilinna leucotis</i>	Colibrí orejiblanco	0	0	0	1	R	A
<i>Bombycilla cedrorum</i>	Chinito	0	106	0	0	Mvi	Ma
<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe corona negra	0	0	0	3	Mvi	Ma

Apéndice IV (Continúa).

Especie	Nombre común	Número de avistamientos				R= residente, Rv= residentes de verano, Ri= residente introducido o exótico, Mvi= migratorio visitante de invierno.	A= abundante, Ma= muy abundante, C= comunes, R=rara.
		Mayo-junio 2019	Febrero-marzo 2021	Abril-mayo 2021	Junio-julio 2021		
<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal rojo	1	1	1	1	Rv	C
<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero menor	2	1	13	38	R	C
<i>Catherpes mexicanus</i>	Chivirín barranqueño	0	0	0	2	R	A
Colibrí (no id.)	Colibrí	12	1	1	0	Sin datos	
<i>Columbina inca</i>	Coquita	21	11	18	27	R	A
<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	1	0	0	0	Ri	C
<i>Cyananthus latirostris</i>	Colibí de pico ancho	1	0	3	0	R	A

Apéndice IV (Continúa).

Especie	Nombre común	Número de avistamientos				R= residente, Rv= residentes de verano, Ri= residente introducido o exótico, Mvi= migratorio visitante de invierno.	A= abundante, Ma= muy abundante, C= comunes, R=rara.
		Mayo-junio 2019	Febrero-marzo 2021	Abril-mayo 2021	Junio-julio 2021		
<i>Diglossa baritula</i>	Picaflor canelo	0	1	2	4	R	A
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Gorrión mexicano	53	28	129	105	R	Ma
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina común	67	25	14	72	Rv	A
<i>Icterus parisorum</i>	Calandria tunera	1	0	0	0	R	C
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojos rojos	3	1	3	0	Rv	Ma
<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabecicafé	6	1	0	0	Sin datos	
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión ingles	72	54	93	59	R	C

Apéndice IV (Continúa).

Especie	Nombre común	Número de avistamientos				R= residente, Rv= residentes de verano, Ri= residente introducido o exótico, Mvi= migratorio visitante de invierno.	A= abundante, Ma= muy abundante, C=comunes, R=rara.
		Mayo-junio 2019	Febrero-marzo 2021	Abril-mayo 2021	Junio-julio 2021		
<i>Passerina caerulea</i>	Picogordo azul	1	0	0	0	Rv	A
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	1	2	4	1	Mvi	A
<i>Melospiza fusca</i>	Rascador pardo	15	9	17	20	R	A
<i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara cabeciroja	0	0	0	1	Mvi	C
<i>Piranga rubra</i>	Tángara roja migratoria	0	0	0	1	Mvi	C
<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo	47	2	0	35	R	Ma
<i>Ptilinopus cinereus</i>	Capulinerio gris	0	1	4	22	R	Ma

Apéndice IV (Continúa).

Especie	Nombre común	Número de avistamientos				R= residente, Rv= residentes de verano, Ri= residente introducido o exótico, Mvi= migratorio visitante de invierno.	A= abundante, Ma= muy abundante, C= comunes, R=rara.
		Mayo-junio 2019	Febrero-marzo 2021	Abril-mayo 2021	Junio-julio 2021		
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas cardenalito	16	20	26	30	R	C
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	1	0	0	0	R	R
<i>Setophaga nigrescens</i>	Chipe negrogris	0	0	0	2	Mvi	C
<i>Setophaga townsendi</i>	Chipe de Townsendi	0	0	0	5	Mvi	C
<i>Spizella passerina</i>	Gorrión cejiblanco	0	0	4	4	R	Ma
<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	0	1	0	0	Sin datos	
<i>Thryomanes bewickii</i>	Chivirín de cola oscura	9	4	10	26	R	A

Apéndice IV (Continúa).

Especie	Nombre común	Número de avistamientos				R= residente, Rv= residentes de verano, Ri= residente introducido o exótico, Mvi= migratorio visitante de invierno.	A= abundante, Ma= muy abundante, C= comunes, R=rara.
		Mayo-junio 2019	Febrero-marzo 2021	Abril-mayo 2021	Junio-julio 2021		
<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche piquicurvo	8	3	10	9	R	A
<i>Turdus migratorius</i>	Mirlo primavera	5	18	28	46	R	Ma
<i>Turdus rufopalliatu</i> s	Mirlo dorsocanela	9	1	8	1	R	Ma
<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano gritón	0	2	2	3	R	A
<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	Chipe de coronilla	0	0	0	1	Mvi	Ma
<i>Leiothlypis virginiae</i>	Chipe de Virginia	0	0	2	0	Mvi	R
<i>Zenaida macroura</i>	Huilota común	1	0	0	0	Mvi	R
<b>Total</b>	41*	<b>354</b>	<b>293</b>	<b>396</b>	<b>525</b>		

\*Se incluye el registro realizado en octubre de 2020 de un carpintero mexicano (*Dryobates scalaris*).

## APÉNDICE V



**Figura 1.** Serpiente de la especie *Crotalus molossus*. Foto José Israel Villegas Gutiérrez.



**Figura 2.** Grupo de aves de la especie *Bombycilla cedrorum*. Foto Ivonne Flores.



**Figura 3.** Roedores del género *Peromyscus* capturados en la ZIH. Foto Ivonne Flores.



**Figura 4.** Ejemplar de *Ptilonotus cinereus*. Foto Ivonne Flores.